

Universidad de Alcalá

Escuela Politécnica Superior

Máster Universitario en Ingeniería Industrial.
Especialidad en Robótica y Percepción.

Trabajo Fin de Máster

Módulo de Alojamiento para Observatorio de Rayos Cósmicos
Antártico (MAzORCA).

ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR

Autor: Gonzalo Díaz-Romeral Marcos

Tutor: Juan José Blanco Ávalos

2018

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

**Máster Universitario en Ingeniería Industrial. Especialidad en
Robótica y Percepción.**

Trabajo Fin de Máster

**Módulo de Alojamiento para Observatorio de Rayos Cósmicos
Antártico (MAzORCA).**

Autor: Gonzalo Díaz-Romeral Marcos

Director: Juan José Blanco Ávalos

Tribunal:

Presidente: Manuel Prieto Mateo

Vocal 1º: Miguel Ángel Hidalgo Moreno

Vocal 2º: Juan José Blanco Ávalos

Calificación:

Fecha:

Agradecimientos

A mi tutor Juan José Blanco Ávalos, gracias por todo lo que me has enseñado durante este tiempo; en lo profesional, y sobre todo en lo personal. Por depositar en mí la confianza para desarrollar este trabajo, espero que el resultado sea de tu agrado. Al resto de compañeros del proyecto ORCA, por compartir su trabajo y sabiduría: Oscar García, Ignacio García, Sindulfo Ayuso, Manuel Prieto, José Medina, Juan A. Garzón. A mis compañeros del Space Research Group (SRG) y del Departamento de Física y Matemáticas de la UAH por su acogida y compartir el día a día: Ángel Antón, Raúl Gómez, Fernando Carcaboso, Ignacio Cernuda, Teresa Varela, Andrés Russu, Javier Pacheco, Miguel Ángel Hidalgo, Fernando Jordán, Francisco Álvarez y muchos más. Al programa de Estrategia de Emprendimiento y Empleo Joven Garantía juvenil del Ministerio de Empleo y Seguridad del Gobierno de España, por conceder la ayuda que ha permitido desarrollar mi carrera profesional durante dos años como investigador en la Universidad de Alcalá.

A mi familia y amigos, que me han transmitido energía y permitido sentir su cariño, mostrando su interés en los proyectos que he ido desarrollando durante este tiempo. En especial, a los que me han acompañado y ayudado en los momentos difíciles y me han dado fuerzas para llegar a esta meta, y a los que me han echado en falta en algún momento importante en el que yo les he fallado o han notado mi ausencia. A mis padres Milagros y Gonzalo, mi hermano Enrique, mis abuelos Emilio e Isabel, Manoli y Josechu, mis tíos y primos, mi otra familia Nuria, Mila y Javi, mis compañeros y profesores de estudios musicales, Javier Pascual, mis amigos Tórtola de Henares, Sergio, Jesús, Mario, Daniel, Pablo, Alejandro, mis compañeros de Alegría Alcarreña, mis amigos de Salesianos y de rutas de senderismo. Y por último y más importante, a Clara; estoy seguro que sin tí no habría llegado hasta aquí, gracias por enseñarme que es la felicidad, acompañarme y soportarme.

Resumen

Este Trabajo Final de Máster (TFM) titulado Módulo de Alojamiento para Observatorio de Rayos Cósmicos Antártico (MAzORCA) se enmarca dentro del desarrollo del proyecto Observatorio de Rayos Cósmicos Antártico (ORCA) con referencia CTM2016-773255-C2-1-P, llevado a cabo por miembros del Grupo de Investigación del Espacio, también conocido como Space Research Group (SRG), integrado por miembros de los departamentos de Automática y de Física y Matemáticas de la Universidad de Alcalá (UAH). Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir un detector de rayos cósmicos, el cual se encargará de medir flujo de neutrones, muones, electrones y gammas generados por la interacción de los rayos cósmicos en su paso por la atmósfera. Este detector será transportado desde la península ibérica hasta la isla Livingston, situada en el norte de la Antártida, permitiendo realizar una observación latitudinal del flujo de rayos cósmicos durante el traslado del detector hasta instalarlo en la base Juan Carlos I (JCI) como observatorio de rayos cósmicos. Las medidas obtenidas por ORCA servirán para comprobar los modelos sobre propagación de rayos cósmicos primarios y secundarios a través de la atmósfera, estudiar la actividad solar por medio de la variación del flujo de neutrones y muones junto con la información de dirección de incidencia de muones.

ORCA será alojado en un contenedor de transporte marítimo de 20 pies. El objetivo de este TFM es modificar este contenedor para satisfacer todas las necesidades requeridas y conseguir un funcionamiento óptimo del sistema de detectores. En primer lugar, se diseña la estructura de carga de los detectores, los cuales presentan una masa total de unos 6.000 kg, que será incorporada al contenedor y cumplirá la función de soportar y asegurar los dispositivos durante los movimientos y oscilaciones que tendrán lugar en su transporte, tanto por vía terrestre como marítima. Por otro lado, se diseña un aislamiento térmico que permite reducir el intercambio de energía térmica entre el contenedor su entorno, y se selecciona un equipo de climatización destinado a cubrir las pérdidas, con la finalidad de conseguir un control térmico en el interior del contenedor, ya que los detectores deben operar a una temperatura constante. Por último, se realiza un estudio del consumo esperados durante el funcionamiento de ORCA y se calcula la contribución de una instalación de generación fotovoltaica.

Contacto: Gonzalo Díaz-Romeral Marcos <gonzalo.diazr@edu.uah.es>.

Palabras clave: Rayos Cósmicos, Actividad Solar, Detector, Isla Livingston, Contenedor Marítimo.

Abstract

The following document is included as part of the Antarctic Cosmic Ray Observatory project (ORCA), carried out by members of the Space Research Group (SRG) of the Universidad de Alcalá (UAH). This project has as main goal to design and install a Cosmic Ray detector. This detector will be able to measure secondary cosmic rays, providing information about particles such as their type (neutrons, muons, electrons and gammas) and primary cosmic ray energies. This detector will travel from Spain to Livingston Island, located in the northern Antarctica. This allows to perform a latitudinal survey of cosmic ray flux along the travel from Spain to Juan Carlos I Spanish Antarctic Base (JCI), and finally, to install it as a cosmic ray observatory. ORCA will allow to investigate the solar activity by measuring the muon and neutron fluxes and their incoming direction, to check propagation models for cosmic rays through the magnetosphere and atmosphere.

ORCA will be housed in a standard 20 ft shipping container. This container will be modified in order to obtain an optimal operation of the detector's system. Firstly, a structure to support the detector's weight is designed. This structure will be placed in the container and will hold the devices, even while the travelling oscillations occur. On the other hand, thermal insulation is calculated to reduce the exchanged heat between the container and the environment. An air conditioner is selected to cover the thermal losses, in order to achieve a thermal control inside the container, allowing the detectors to operate with a constant temperature. Finally, a study of expected power consumption during the operation of ORCA and the contribution of a photovoltaic installation are carried out.

Contact: Gonzalo Díaz-Romeral Marcos <gonzalo.diazr@edu.uah.es>.

Keywords: Cosmic Rays, Solar Activity, Detector, Livingston Island, Shipping Container.

Índice general

Resumen	vii
Abstract	ix
Índice general	xi
Índice de figuras	xv
Índice de tablas	xvii
1 Introducción	1
1.1 Estado del Arte	2
1.1.1 La investigación con Rayos Cósmicos.	2
1.1.2 La red de detectores en la superficie terrestre.	4
1.1.2.1 Monitores de neutrones	4
1.1.2.2 Telescopios de muones	6
1.1.3 Detectores en los que basa su funcionamiento ORCA	6
1.1.3.1 CaLMa: Monitor de Neutrones de Castilla-la Mancha	7
1.1.3.2 MITO: Muon Impact and Track Observer	7
1.1.3.3 TRAGALDABAS	8
1.2 ORCA: Observatorio de Rayos Cósmicos Antártico	8
1.2.1 Detectores	8
1.2.2 Contenedor	10
1.3 Objetivos	11
2 Estructura de carga para los detectores.	13
2.1 Dimensiones y análisis de masa de los detectores	13
2.1.1 CaLMa-A-NM	14
2.1.1.1 Tubos desnudos.	14
2.1.1.2 Tubos siguiendo el estándar NM-64	14
2.1.2 Telescopio de muones: CaLMa-A-MITO	17

2.1.3	TRISTÁN	17
2.1.4	Dimensiones y masas finales	22
2.2	Cálculo de la estructura de soporte para los detectores	22
2.2.1	Datos de cálculo	22
2.2.1.1	Normativa aplicada	22
2.2.1.2	Materiales	22
2.2.1.3	Uniones	25
2.2.1.4	Estados límite	25
2.2.1.5	Acciones	25
2.2.1.6	Combinación de acciones	27
2.2.1.7	Sismo	28
2.2.1.7.1	Aceleración sísmica básica	28
2.2.1.7.2	Aceleración sísmica de cálculo	29
2.2.2	Estructura	29
2.2.3	Resultados	29
3	Aislamiento y Climatización	31
3.1	Transmisión de calor	31
3.1.1	Resistencias térmicas por conducción	32
3.1.2	Resistencias térmicas por convección	33
3.1.3	Resistencias térmicas por radiación	33
3.1.4	Resistencia térmica por convección-radiación	34
3.1.5	Resistencia Térmica Global	34
3.1.6	Coefficiente de transmisión térmico en la embarcación.	35
3.2	Aislamiento	35
3.2.1	Cámaras de aire sin ventilar	35
3.2.2	Poliuretano	35
3.2.2.1	Paneles sándwich de poliuretano	36
4	Instalación eléctrica	37
4.1	Consumo Energético.	37
4.2	Instalación de generación fotovoltaica	39
4.2.1	Célula Fotovoltaica	40
4.2.2	Panel Solar	40
4.2.3	Regulador de carga	41
4.2.4	Baterías	41
4.2.5	Inversor	43
4.3	Instalación empleada	43

4.3.1	Inversor, Cargador y Regulador de Carga	43
4.3.2	Paneles solares	45
4.3.3	Baterías	45
5	Resultados.	47
5.1	Estructura de carga para los detectores.	47
5.1.1	Manejo del programa.	47
5.1.1.1	Configuración del menú obra.	47
5.1.1.2	Generación de la estructura.	49
5.1.1.3	Introducción de las cargas.	50
5.1.1.4	Generar y editar uniones.	53
5.1.1.5	Cálculo de la estructura.	53
5.1.2	Resultados de la estructura.	53
5.1.3	Montaje de la estructura y elementos de fijación.	55
5.2	Aislamiento y climatización.	60
5.2.1	Cálculo de pérdidas en la base JCI.	60
5.2.1.1	Cálculo de resistencias térmicas por conducción.	60
5.2.1.2	Coefficientes de convección	61
5.2.1.3	Coefficientes de radiación	63
5.2.1.4	Coefficientes de convección radiación	63
5.2.1.5	Coefficientes de transmisión térmica global	63
5.2.2	Cálculo de pérdidas a bordo del Hespérides	64
5.2.3	Selección del equipo climatizador	64
5.3	Instalación Eléctrica	70
5.3.1	Consumo esperado en ORCA	70
5.3.2	Radiación Solar Disponible	70
5.3.3	Cálculo de la energía generada en los paneles solares	72
5.3.4	Autonomía de las baterías	72
6	Conclusiones y líneas futuras	77
6.1	Conclusiones	77
6.2	Líneas futuras	78
	Bibliografía	79
A	Presupuesto	81

B Fichas Técnicas	83
B.1 Fuente de Alimentación iseg.	83
B.2 Barómetro BM35.	98
B.3 Tubo LED 12V.	101
B.4 Regulador Inversor Artesa Quadro.	103
B.5 Batería UPower 6V.	106
B.6 Mitsubishi MFZ-KJ23VE.	109
 C Memoria de Cálculo de la Estructura	 115

Índice de figuras

1.1	Espectro de energías de los rayos cósmicos.	2
1.2	GLE observado por el NMDB y diferentes niveles de rigidez de las estaciones.	3
1.3	FD observado por CaLMa NM.	3
1.4	Tragaldabas y el FD observado por este detector.	4
1.5	Distribución de los monitores de neutrones y telescopios de muones alrededor del mundo.	5
1.6	Monitor de Neutrones de Castilla-la Mancha (CaLMa).	7
1.7	Esquema de la composición de los detectores que forman ORCA.	9
1.8	Esquema del Telescopio de muones CaLMa-Amu.Respuesta del fotomultiplicador ante los muones que atraviesan el centro del centellador.	9
1.9	(Izquierda) Dos de los planos RPC de TRISTAN en frente del detector Tragaldabas . (Derecha) Esquema de los planos de TRISTAN.	10
2.1	CaLMa-A-NM. Unidades en mm.	15
2.2	CaLMa-A-NM. Detalle tubo. Unidades en mm.	16
2.3	CaLMa-A-NM. Módulos independientes para el traslado de material. Unidades en mm.	18
2.4	Centellador y PMT's de CaLMa-A-MITO. Unidades en mm.	19
2.5	Telescopio de muones CaLMa-A-MITO. Unidades en mm.	20
2.6	TRISTÁN. Unidades en mm.	21
4.1	Detalle de una célula fotovoltaica.	40
4.2	Esquema de funcionamiento del inversión seleccionado.	44
5.1	Ventana del menú Normas.	47
5.2	Ventana de Normativa para Cálculo de la Actividad Sísmica.	48
5.3	Ventana de Hipótesis Adicionales.	48
5.4	Ventana de Cargas Muertas.	49
5.5	Ventana de Perfiles de Acero.	49
5.6	Ventana de Describir Perfil.	50
5.7	Esquema del diseño de la estructura.	51
5.8	Paños y valores de carga introducidos sobre el esquema de la estructura (kN/m^2).	52

5.9 Representación de las cargas que soporta cada barra (kN/m).	52
5.10 Ventana Editar Uniones.	53
5.11 Representación de las uniones de la estructura.	54
5.12 Ventana Cálculo.	54
5.13 Representación de la deformada de la estructura.	55
5.14 Estructura de soporte (mm).	56
5.15 Estructura de soporte con los elementos de fijación (mm).	57
5.16 Estructura de soporte con los detectores fijados (mm).	58
5.17 Estructura de soporte dentro del contenedor.	59
5.18 Contenedor aislado y con el equipo de climatización instalado.	67
5.19 Hoja de cálculo de pérdidas térmicas en la base JCI.	68
5.20 Hoja de cálculo de pérdidas térmicas a bordo del buque Hespérides.	69
5.21 Simulación condiciones de radiación.	71
5.22 Contenedor con la instalación fotovoltaica.	73
5.23 Hoja de cálculo para la instalación fotovoltaica.	74
5.24 Hoja de cálculo para la instalación fotovoltaica.	75

Índice de tablas

1.1	Características de los tubos BP28.	7
1.2	Dimensiones y capacidad del contenedor.	10
2.1	Características del estándar NM64.	14
2.2	Dimensiones y masas de CaLMa-A-NM.	17
2.3	Dimensiones y masas de CaLMa-A-MITO.	17
2.4	Dimensiones y masas de Tristán.	22
2.5	Dimensiones y masas de los detectores.	22
2.6	Características mecánicas de los aceros UNE EN 10025.	23
2.7	Características acero laminado S275.	23
2.8	Coefficientes parciales de minoración de la resistencia del acero.	24
2.9	Características mecánicas de los perfiles empleados.	24
2.10	Características mecánicas de los aceros de los tornillos, tuercas y arandelas.	25
2.11	Coefficientes de seguridad y de simultaneidad.	26
3.1	Resistencia térmica para capas de aire.	36
3.2	Características de paneles sándwich de PUR.	36
4.1	Dispositivos y consumos esperados en ORCA.	39
4.2	Características de los principales tipos de baterías.	42
4.3	Tipos de baterías de plomo-ácido.	42
4.4	Características técnicas del Inversor.	44
4.5	Especificaciones de la instalación solar frente a los permitidos por el regulador de carga.	45
5.1	Valores de cargas.	51
5.2	Dimensiones del contenedor tras el aislamiento.	61
5.3	Cálculo de las resistencias térmicas.	61
5.4	Coefficientes de convección.	63
5.5	Coefficientes de radiación.	63
5.6	Coefficientes de convección-radiación.	63

5.7	Consumos esperados de los dispositivos en ORCA.	70
5.8	Número de HSP.	71
5.9	Energía producida por los paneles.	72
5.10	Parámetros de las baterías necesarios para el cálculo de la autonomía.	72

Capítulo 1

Introducción

El Observatorio de Rayos Cósmicos Antártico (ORCA), un proyecto de investigación financiado en la convocatoria 2016 de Proyectos de EXCELENCIA y Proyectos RETOS por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, con referencia CTM2016-773255-C2-1-P, tiene como objetivo principal diseñar y construir un instrumento capaz de medir rayos cósmicos de baja energía, que será instalado en la base antártica española Juan Carlos I (JCI), en la isla Livingston.

Los Rayos Cósmicos (CR, Cosmic Ray) precipitan constantemente a través de la atmósfera terrestre, suponiendo una fuente uniforme de radiación ionizante. Estas partículas son detectadas como un flujo prácticamente isotrópico con un espectro energético muy amplio, a partir cientos de MeV hasta a 10^{20} eV, como puede observarse en la Figura 1.1 [1]. La mayoría de la energía de estos rayos cósmicos se distribuye en partículas secundarias, tales como protones, neutrones, electrones o muones, que aparecen como consecuencia de la interacción del CR con la atmósfera. Parte de dichas partículas, alcanzan la superficie terrestre y pueden ser detectadas por instrumentos operando a este mismo nivel. Estos instrumentos son capaces de identificar información sobre la energía del CR primario, que se conserva en el número de partículas secundarias generadas.

Los CR's en el rango entre cientos de MeV y cientos de GeV se ven afectados por la actividad solar. El sol modula el flujo de CR's produciendo variaciones de largo plazo gobernadas por el ciclo solar, e incluso variaciones de período mucho más largo relacionadas con la evolución del Sol como estrella. Pero, no sólo se observan variaciones a largo plazo en los flujos de CR's; también, son detectadas variaciones a corto plazo que pueden ser consecuencia de eyecciones de masa coronal o fulguraciones magnéticas. De este modo, la actividad solar puede ser estudiada mediante la observación de la variación del flujo de rayos cósmicos. Además, el Sol, como estrella activa, es capaz de acelerar las partículas energéticas solares (SEP, Solar Energetic Particles) desde algunos keV hasta energías alrededor de decenas de GeV. Por esta razón, tanto CR's como SEP's se superponen en un rango de energía y pueden ser analizados por los mismos instrumentos.

Con el objetivo de contribuir al estudio previamente descrito y otro tipo de investigaciones, actualmente encontramos dos instalaciones en España encargadas de monitorizar la medida de rayos cósmicos: el Monitor de Neutrones de Castilla-La Mancha (CaLMa) [2], en el Parque Científico y Tecnológico de Castilla-La Mancha en Guadalajara, y el detector de rayos cósmicos TRAGALDABAS [3] en la Universidad de Santiago de Compostela. Además, en el Space Research Group de la Universidad de Alcalá (SRG-UAH), ha propuesto un novedoso sistema de detección de muones basado en centelladores, el Muon Impact and Track Observer (MITO) [4], que se encuentra en fase de desarrollo para complementar el estudio de CR's junto con los dos detectores anteriormente mencionados. Estos tres detectores

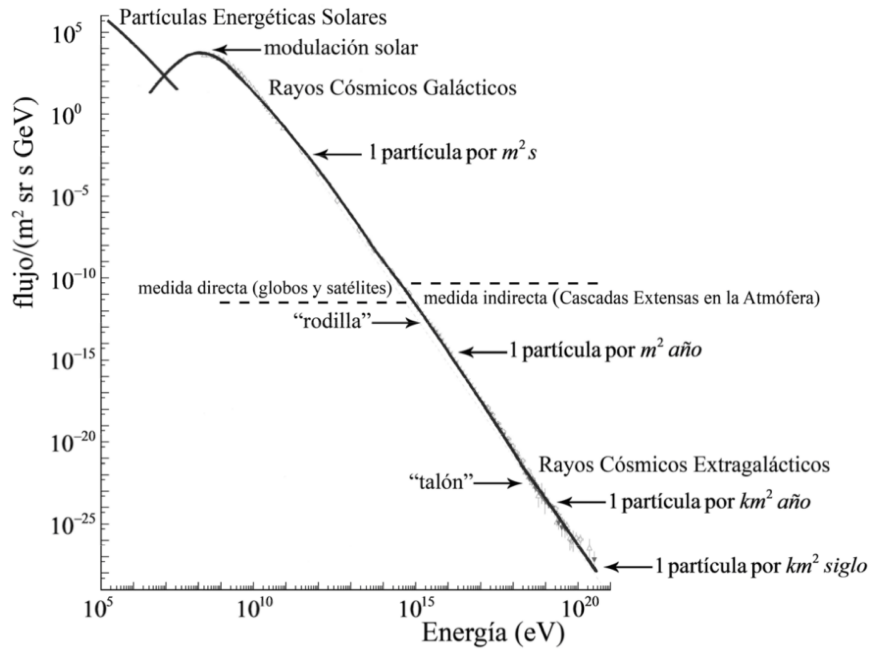


Figura 1.1: Espectro de energías de los rayos cósmicos.

serán adaptados e integrados en ORCA para conseguir un detector nunca antes utilizado, al combinar las medidas de los distintos detectores en un mismo punto, es decir monitorizar el mismo conjunto de partículas secundarias, y permitiendo un análisis de esta información mucho más completo que trabajando por separado. Además, ORCA será un detector de CR's capaz de realizar medidas en movimiento, siendo transportado en camión, barco, avión, o cualquier medio de transporte que sea capaz de albergar un contenedor estándar de 20 pies; e instalarse prácticamente en cualquier lugar, siempre que se pueda aportar la potencia necesaria para su reducido consumo.

Este Trabajo Final de Máster desarrolla la problemática de adaptar un contenedor marítimo estándar permitiendo el alojamiento del sistema de detección de ORCA y su operatividad de manera óptima. Ello implica diseñar una estructura de carga para los distintos detectores, acondicionar la temperaturas en el interior del contenedor mediante el aislamiento y la instalación de un equipo de climatización, y, por último, un estudio de los consumos eléctricos de los distintos dispositivos y la instalación de un sistema de generación fotovoltaica y de acumulación para suplir parte de las necesidades energéticas de ORCA

1.1 Estado del Arte

1.1.1 La investigación con Rayos Cósmicos.

La actividad solar es uno de los principales campos de investigación a los que se puede acceder midiendo los rayos cósmicos. Los monitores de neutrones son utilizados para seguir la actividad solar mediante el estudio de la variación en sus cuentas. Sucesos cortos y repentinos, conocidos como Ground Level Enhancements (GLE's) son causados por explosiones, erupciones solares y eyecciones de masa coronal (Coronal Mass Ejections, CME's) [5], que son observados como incrementos repentinos en las cuentas de un monitor de neutrones. En la Figura 1.2 se muestra el GLE 71 observado en distintos monitores de neutrones dentro de la Neutron Monitor Data Base (NMDB) [6].

Además, se pueden observar repentinas disminuciones en las cuentas de los monitores de neutrones

como consecuencia del apantallamiento de los CR's provocado por la actividad solar. Estos sucesos son conocidos como Forbush Decreases (FD) [7], y están relacionados con la llegada de ciertas estructuras en el viento solar que dificultan el transporte de los CR's a través de la heliosfera. La Figura 1.3 muestra un FD observado en CaLma en Junio de 2015. Dos caídas en los conteos fueron provocados por la llegada de dos ICME's (Interplanetary Coronal Mass Ejections) consecutivas. Los telescopios de muones raramente detectan los GLE's porque presentan un umbral energético superior, pero sí pueden observar FD's. Por ejemplo, la Figura 1.4 muestra el mismo FD de Junio de 2015 observado por Tragaldabas.

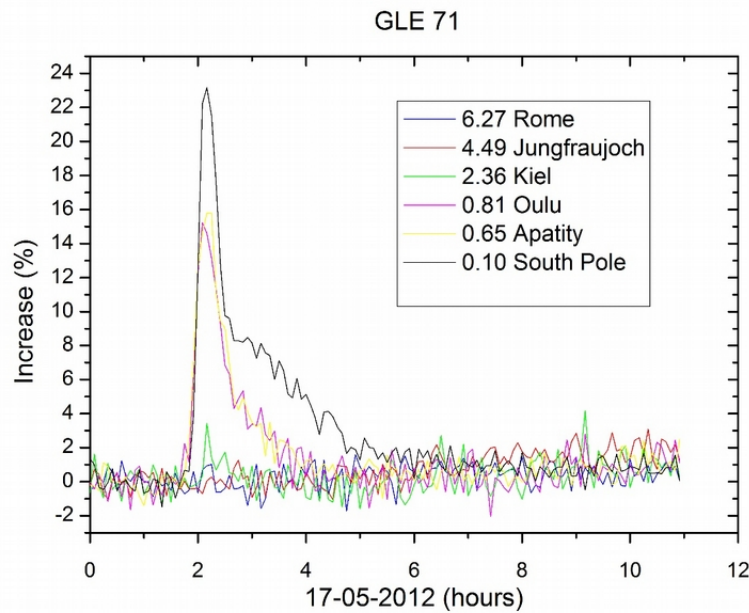


Figura 1.2: GLE observado por el NMDB y diferentes niveles de rigidez de las estaciones.

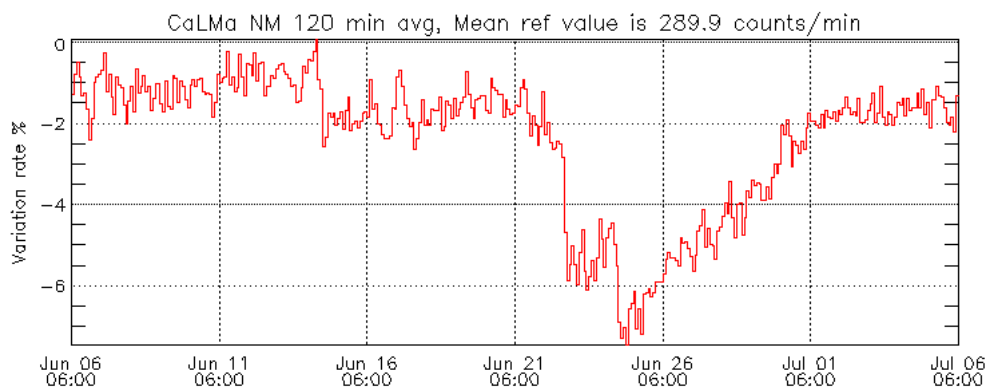


Figura 1.3: FD observado por CaLma NM.

Finalmente, cualquier instrumento de observación de la actividad solar capaz de aportar datos en tiempo real pueden ser un instrumento de Space Weather. Space Weather consiste en la capacidad de anticiparse a eventos solares que son potencialmente peligrosos para los seres humanos, los equipos tecnológicos y satélites. Los monitores de neutrones son instrumentos de Space Weather ya que los SEP's más energéticos, que pueden producir un GLE, son detectados con una antelación de 10 minutos. Por otra parte, las CME's que se acercan a la Tierra pueden ser detectadas con monitores de neutrones y telescopios de muones unas 8 horas antes de su llegada [8].

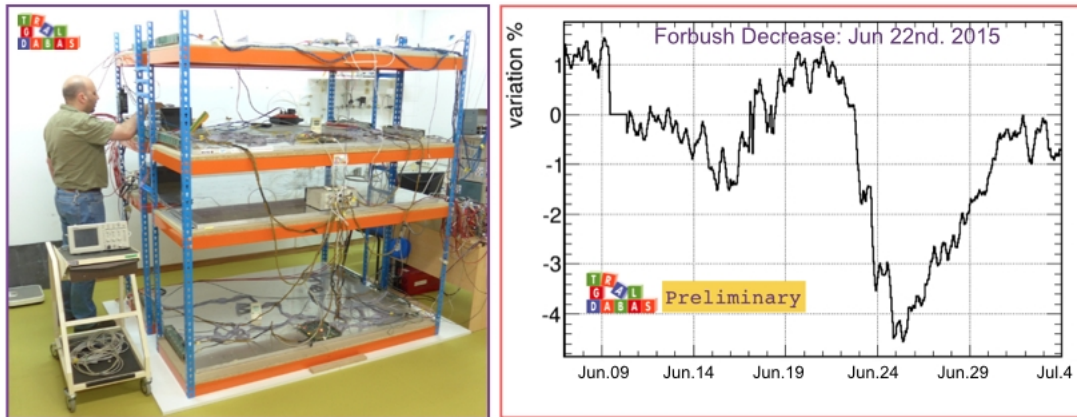


Figura 1.4: Tragaldabas y el FD observado por este detector.

1.1.2 La red de detectores en la superficie terrestre.

Una gran red de detectores situados en la superficie terrestre lleva a cabo la continua observación de los rayos cósmicos que llegan a la atmósfera terrestre. La mayoría de estos detectores son monitores de neutrones y telescopios de muones, que miden el espectro y la anisotropía de los CR's y los SEP's. Esta red de detectores distribuida a lo largo de todo el planeta puede observarse en la Figura 1.5.

1.1.2.1 Monitores de neutrones

Los monitores de neutrones son buenos detectores para realizar estas observaciones debido a su estabilidad de las medidas que permite registros de datos históricos. Actualmente la mayoría de estos monitores de neutrones siguen el estándar NM64 [9] para obtener datos comparables a los de otras estaciones. El estándar NM64 establece los elementos, y sus características, de los que está formado un monitor de neutrones:

1. Reflector: Una capa de polietileno que evita que el detector sea atravesado por neutrones de origen ajeno al CR y que provocarían ruido en las medidas, y se encarga de reflejar los neutrones producidos en el productor.
2. Productor: Formado por plomo, genera los neutrones al interactuar con las partículas secundarias que lo alcanzan.
3. Moderador: Otra capa de polietileno que sirve para ralentizar la desaparición de los neutrones producidos.
4. Contador: Un tubo relleno de gas, en este caso Trifloruro de Boro (BF_3), que interacciona con los neutrones y proporciona una señal que puede ser medida por el sistema de adquisición. El BF_3 ha sido muy utilizado como gas en estos detectores durante varios años. Sin embargo, desde que se reconoció que es peligroso para los humanos, los tubos basados en helio (He) han sido la alternativa más común, aunque su precio es bastante más elevado.

La energía de las partículas incidentes es perdida en el proceso de detección, por lo que el detector solo es capaz de contarlas. Sin embargo, la mínima energía de un CR que es necesaria para que produzca partículas secundarias que alcancen la superficie es determinada por el corte de rigidez vertical de cada estación, siendo la rigidez el momento de la partícula dividido entre su carga. La rigidez depende de la

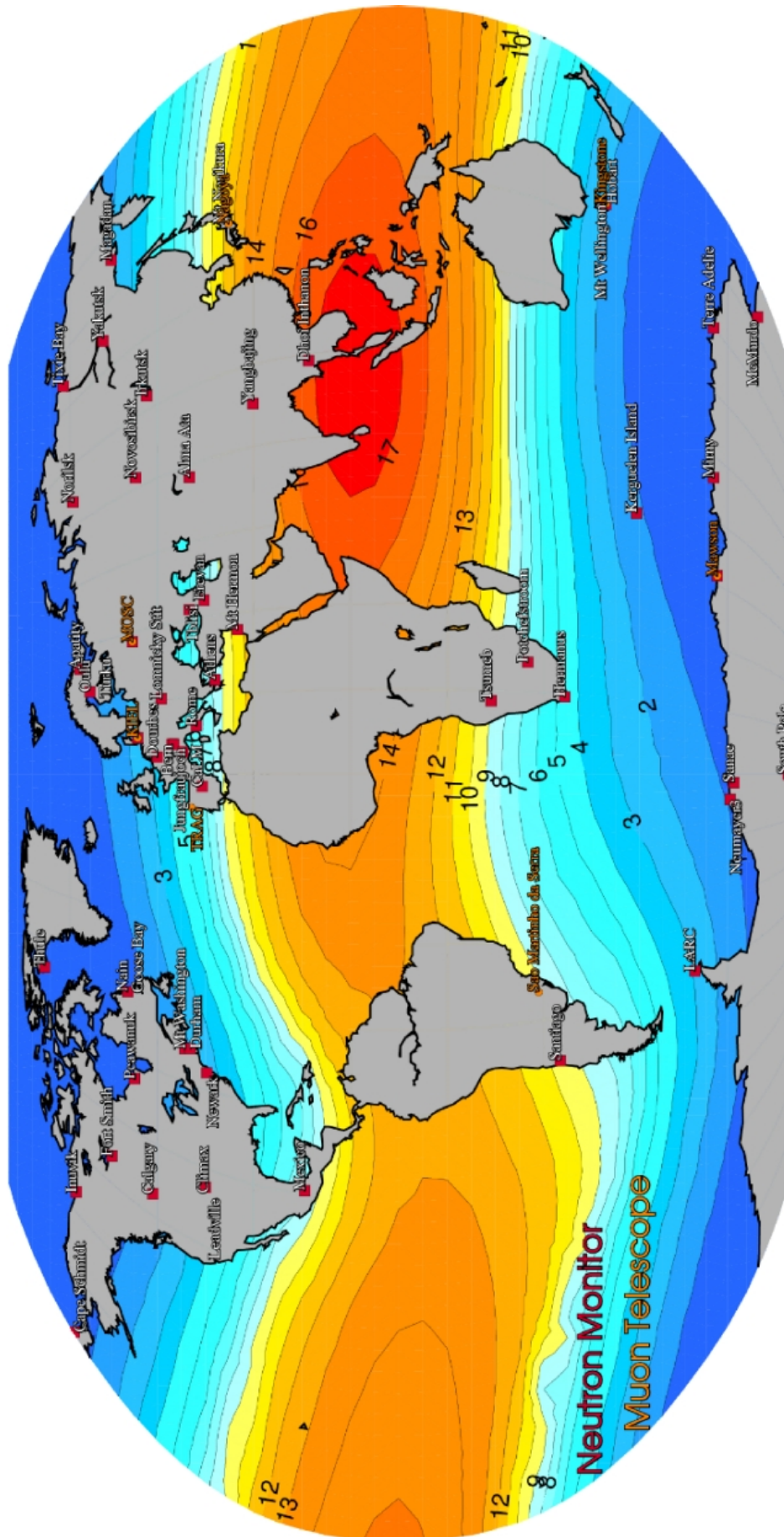


Figura 1.5: Distribución de los monitores de neutrones y telescopios de muones alrededor del mundo.

ubicación de la estación y varía de 0 GV en los polos, hasta 20 GV en el ecuador. Además, la atmósfera es capaz parar los CR's con energías en torno a cientos de MeV. Esto implica que la red global de monitores de neutrones puede medir CR's con valores de rigidez entre 0.5 GV y 20 GV. Por este motivo, es favorable que ORCA realice sus mediciones en una región lo más cercana posible a los polos magnéticos terrestres, por ello la Base JCI ubicada en la isla Livingston (62°37'S, 60°27'O) ofrece la posibilidad de obtener unos niveles de sensibilidad que permitirán obtener mayor información que si el mismo detector se instala en la península ibérica. El hecho de que ORCA pueda operar durante su transporte hasta la isla Livingston abre la puerta de realizar una investigación sobre la variación de la recepción de CR's en función del campo magnético terrestre.

Un monitor de neutrones puede aportar información sobre la energía del rayo cósmico primario de dos maneras: combinando las medidas del estándar NM64 junto con tubos desnudos (sin plomo y sin moderador) o midiendo multiplicidades. Para obtener información del direccionamiento del rayo cósmico es necesario relacionar medidas de varias estaciones que cuenten con un monitor de neutrones. Combinar todas las estaciones en una red global de monitores de neutrones equivale a un único detector que puede medir tanto el espectro de energía como el ángulo de incidencia de los rayos cósmicos con una gran precisión. Por ello, se creó la Neutron Monitor Database (NMDB)[6], una red cuyo objetivo es compartir las medidas entre los distintos monitores de neutrones que pertenezcan a ella. Con el propósito de calibrar la red de monitores de neutrones se puede utilizar un mini-monitor de neutrones. Este dispositivo está diseñado para recibir una cuenta por segundo a nivel del mar, proporcionando una estadística de la precisión utilizando promedios en intervalos de una hora. Este sistema puede considerarse una estación móvil que puede ser ubicada en cualquier lugar que pueda aportarle espacio, alimentación y conexión a Internet. Este detector será utilizado para calibrar las medidas de ORCA durante su traslado hasta la isla Livingston.

1.1.2.2 Telescopios de muones

Los telescopios de muones son empleados para medir la dirección de los muones que alcanzan el detector. Un telescopio de muones instalado en la superficie terrestre es capaz de detectar los muones producidos por un rayo cósmico primario con una energía por encima de 10 GeV. Normalmente, los telescopios de muones están compuestos por varios módulos de detectores independientes, formados por centelladores de gran superficie, que se disponen en dos capas y obtienen la direccionalidad haciendo coincidencia entre los distintos módulos. Sin embargo, MITO se compone únicamente por dos centelladores de una superficie de $1m^2$, y detectando el punto de impacto en cada uno de ellos se determinará la dirección de los muones que lo atraviesan. Actualmente, se están desarrollando novedosos telescopios de muones basados en Resistive Plate Chambers (RPC's) que aportan mayor resolución angular y amplía la información sobre la energía de las partículas que detecta, además es destacable su pequeño tamaño. Un ejemplo de estos nuevos detectores es Tragaldabas, desarrollado por la Universidad de Santiago de Compostela, que puede aportar índices de conteo de CR's, ángulo de incidencia de las partículas y la multiplicidad de los haces de partículas cargadas.

1.1.3 Detectores en los que basa su funcionamiento ORCA

A continuación, se describen los diferentes detectores que serán adaptados y juntos formaran el nuevo detector de ORCA.

	BP28
Diámetro (cm)	14.85
Material del cátodo	Acero inox
Gas	BP_3
Presión del gas (mm Hg)	200
Longitud (cm)	190.80
Volumen (L)	33
Voltaje de operación (V)	-2800

Tabla 1.1: Características de los tubos BP28.

1.1.3.1 CaLMa: Monitor de Neutrones de Castilla-la Mancha

CaLMa [2] está ubicado en Guadalajara (Castilla-La Mancha, España), y opera desde 2011. La información obtenida por este detector es publicada y actualizada periódicamente en la web sorbete del SRG [10]. ORCA cuenta con seis tubos idénticos a los que son utilizados en CaLMa. Tres de ellos con la configuración estándar 3NM64, explicada anteriormente, mientras que los otros tres tubos, no contarán de recubrimiento de polietileno (reflector) y plomo (productor). Algunas características técnicas de los tubos BP28 son mostradas en la Tabla 1.1.



Figura 1.6: Monitor de Neutrones de Castilla-la Mancha (CaLMa).

1.1.3.2 MITO: Muon Impact and Track Observer

El Muon Impact and Track Observer (MITO) [4], es un detector capaz de registrar los muones secundarios, formados por la interacción de un rayo cósmico primario en la atmósfera, cuando alcanzan la superficie. Los muones son partículas pertenecientes a la familia de los leptones, y poseen la misma carga que un electrón, pudiendo ser positiva o negativa, presentando una masa 207 veces superior.

MITO está formado por dos centelladores, lo que permite utilizar técnicas de coincidencia entre ellos. La coincidencia es normalmente utilizada en los experimentos físicos de partículas con diferentes propósitos como reducir ruido, obtener información direccional, reducir la probabilidad de que una medida sea generada por partículas no deseadas, disminuyendo la probabilidad de detección de sucesos no deseados,

o identificación de partículas. Cada una de sus unidades está compuesta por:

1. Un plástico centellador de poliviniltolueno (BC-400), un material capaz de generar fotones al ser ionizado por partículas energéticas que lo atraviesan.
2. La luz generada en el centellador es recogida por cuatro tubos fotomultiplicadores (PMT's), colocados a una distancia suficiente para observar cada una de las cuatro caras laterales del centellador de manera completa. El PMT se encarga de transformar la luz recogida en una señal eléctrica que será procesada y analizada por los sistemas de adquisición para aportar la información de este detector.

MITO es capaz de aportar información respecto a la trayectoria y la energía de los muones que lo atraviesan, utilizando conteos con coincidencia que permiten eliminar sucesos no deseados y filtrar ruido de fondo en sus medidas en tiempo real. ORCA incorporará los dos centelladores que conforman MITO separados por el detector CaLMa-NM, de este modo conseguimos separarlos por la capa de plomo que contiene el NM, atenuando partículas menos energéticas que no alcanzarán el centellador inferior.

1.1.3.3 TRAGALDABAS

TRAGALDABAS [3] es un detector que aporta información sobre las cascadas de partículas que se generan al interactuar un rayo cósmico primario con los átomos de la atmósfera, ya que es capaz de identificar distintos tipos de partículas energéticas secundarias, la energía de cada una de estas partículas y su direccionamiento. Está formado por tres planos (Resistive Plate Chambers, RPC), cada uno de ellos separados en 120 canales, que trabajan conjuntamente para poder reconocer tipo de partícula que los atraviesa (muones, protones, electrones), sus trayectorias, colisiones, interacciones, etc...

1.2 ORCA: Observatorio de Rayos Cósmicos Antártico

El principal objetivo de ORCA es instalar en la base antártica Juan Carlos I un detector de rayos cósmicos para llevar a cabo una medición continua, combinando distintos tipos de detectores: un monitor de neutrones y un telescopio de muones aportado por la Universidad de Alcalá, y un detector basado en RPC's aportado por la Universidad de Santiago de Compostela. Este conjunto permitirá conseguir una excepcional sensibilidad y resolución en la detección de neutrones, muones y precipitaciones electromagnéticas; y avanzar en el conocimiento de la actividad solar y sus efectos en el entorno terrestre. Durante la fase preliminar se dispondrá de un mini neutron monitor para realizar las calibraciones pertinentes aportado por la universidad de Kiel, en Alemania.

Para el transporte y su posterior instalación en la base JCI, el detector será alojado en un contenedor estándar de 20 pies. ORCA operará de manera independiente, instalando en el contenedor su propia distribución eléctrica, climatización y sistemas de comunicación, que podrán sobrevivir incluso a la inverna antártica. El esquema de los detectores que forman ORCA se muestra en la Figura 1.7, añadiendo un mini monitor de neutrones que se utilizará para calibrar el sistema.

1.2.1 Detectores

CaLMa-Antártica (CaLMa-A) está compuesto por el monitor de neutrones CaLMa-A-NM formado por tres tubos que siguen el estándar (3NM64) y tres tubos sin recubrimiento de plomo; y un telescopio de muones (CaLMa-A-MITO) que consiste en dos centelladores planos apilados. Estos dispositivos operarán

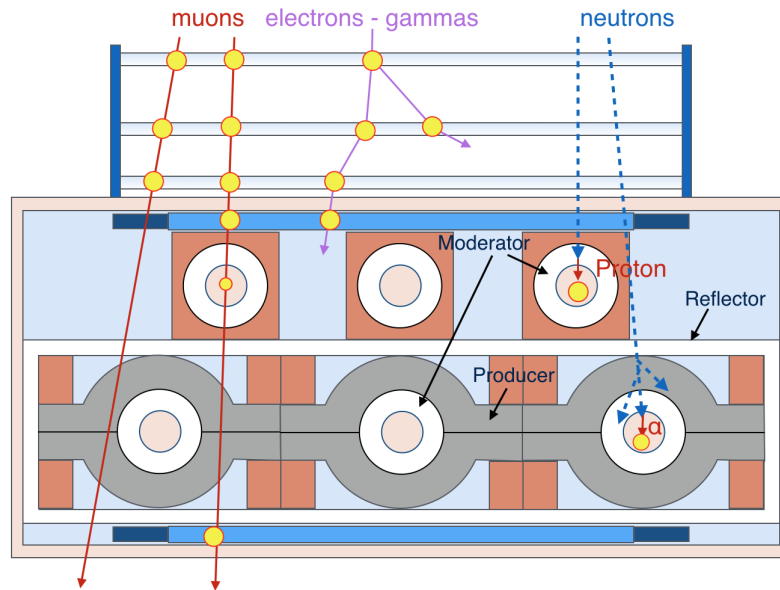


Figura 1.7: Esquema de la composición de los detectores que forman ORCA.

por medio de su electrónica, sistemas de adquisición y almacenamiento de datos y sistemas de comunicación. CaLMa-A-MITO permitirá medir el ángulo de incidencia mediante la comparación de los niveles de luz que emergen de cada una de las paredes laterales del centellador, lo que indicará el punto de impacto aproximado del muón con el centellador y permitirá reconstruir la trayectoria del muón combinando los dos puntos de impacto en ambos centelladores. Una de las ventajas del centellador es que presentan un funcionamiento muy estable a bajas temperaturas, como las que se esperan obtener en la Antártida. Este detector es un prototipo en desarrollo en la UAH, la Figura 1.8 muestra un esquema telescopio de muones. CaLMa-A-NM se colocará entre los dos planos centelladores para permitir la adquisición de trayectorias limpias evitando contaminación de baja energía. Este NM permitirá obtener información sobre la energía del CR primario y analizar la actividad solar.

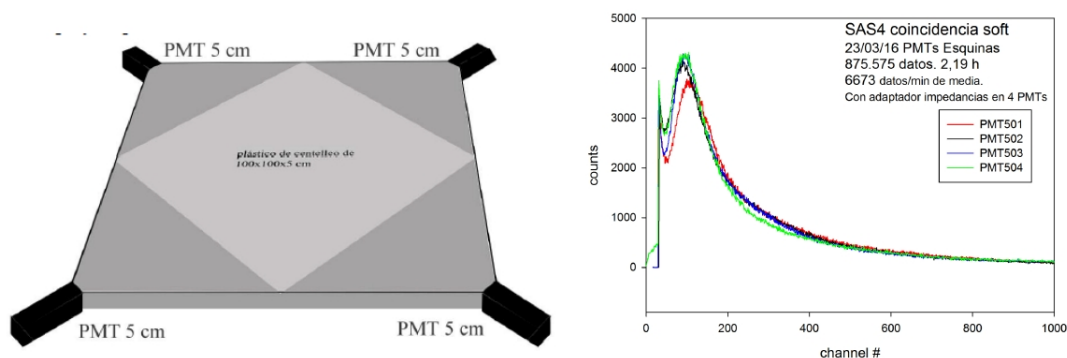


Figura 1.8: Esquema del Telescopio de muones CaLMa-Amu. Respuesta del fotomultiplicador ante los muones que atraviesan el centro del centellador.

TRISTAN (TRasgo para InveSTigaciones ANTárticas) estará compuesto por un conjunto de detectores basados en RPC con 56 canales cada uno, en lo que se traduce en un detector de alta resolución, alta precisión de unos $0.54m^2$. Estos detectores fueron construidos en la Universidad de Tsinghua, en Beijing, y pueden ser observados en la Figura 1.9.

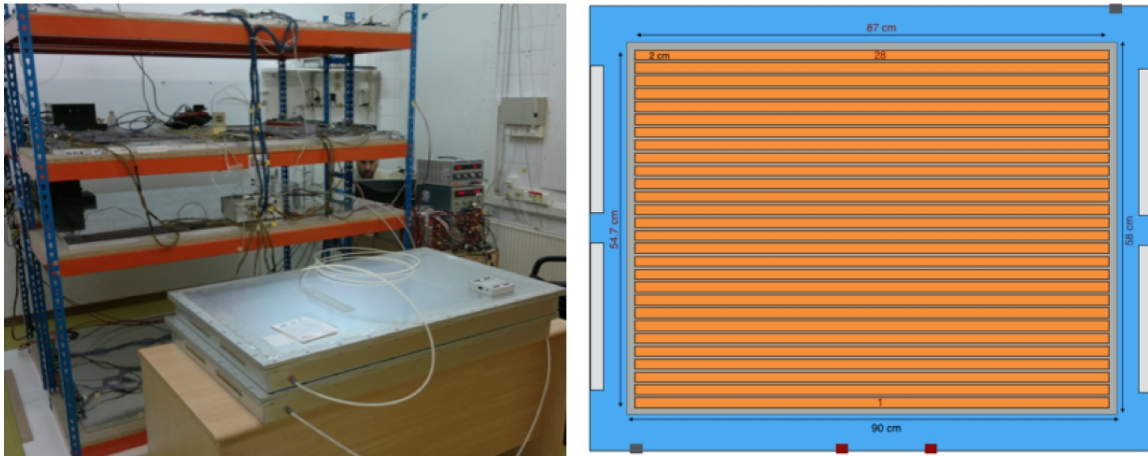


Figura 1.9: (Izquierda) Dos de los planos RPC de TRISTAN en frente del detector Tragaldabas .
(Derecha) Esquema de los planos de TRISTAN.

1.2.2 Contenedor

El contenedor juega diferentes roles en el diseño de ORCA. Se encarga de alojar el sistema de ORCA, aporta control de condiciones ambientales a los instrumentos y la distribución de alimentación necesaria para cubrir las necesidades de consumo. El contenedor estará conectado a líneas de alimentación y comunicación del Hespérides en el traslado, y posteriormente con la base JCI. El interior del contenedor debe permanecer a una temperatura constante durante el funcionamiento de los detectores, para asegurar una correcta adquisición de información, además de permanecer estanco evitando la entrada de humedad o aire del exterior. También cuenta con pasa-muros que permiten la conexión de cables de la antena de comunicaciones y de paneles solares en el exterior, y la toma de potencia cuando la instalación se alimente desde otra fuente distinta a las baterías que incorporará en su interior. El contenedor contará con unas dimensiones y especificaciones correspondientes al estándar de 20 pies. Sus dimensiones y capacidades de carga pueden observarse en la Tabla 1.2.

Exterior	Largo	6,058 m
	Ancho	2,438 m
	Alto	2,591 m
Interior	Largo	5,444 m
	Ancho	2,268 m
	Alto	2,272 m
Capacidad	Carga Máxima	27.400 kg
	Peso Bruto Máximo	30.480 kg
	Tara	3.080 kg
	Volumen	28,10 m^3

Tabla 1.2: Dimensiones y capacidad del contenedor.

ORCA será un capaz de realizar mediciones durante su traslado hasta la isla Livingston embarcado en el buque de investigación oceánica Hespérides, permitiendo una observación de CR's durante el trayecto. En esta trayectoria, se encuentra niveles de rigidez de 7 GV en Cartagena, 3 GV en la isla Livingston, y un máximo de 14 GV entre estos puntos. Esto permite realizar una observación latitudinal con una resolución y precisión excepcional, nunca antes llevada a cabo. Además, esto permitirá que ORCA sea un sistema detector fácil de transportar y capaz de operar en multitud de situaciones que pueden ser

requeridas en un futuro. Una vez instalado en la base JCI, ORCA operará de manera indefinida en esta ubicación. Los datos obtenidos de las observaciones de ORCA serán utilizados para estudiar la actividad solar. Además, dotando el detector de un sistema de comunicaciones en tiempo real, será posible integrar ORCA en la NMDB convertirlo en un instrumento de Space Weather.

1.3 Objetivos

ORCA estará alojado en un contenedor de 20 pies que será equipado con la infraestructura que permita aportar todas las necesidades para la correcta operación de la carga científica a bordo. Para ello, se debe contar con una estructura robusta que permita la correcta sujeción de los detectores y los asegure frente a oscilaciones y vibraciones típicas de un transporte en barco. Además, el contenedor debe aportar un control térmico y una estanqueidad para poder establecer unas condiciones óptimas de funcionamiento de los detectores. Para conseguir la estabilidad térmica necesaria el contenedor será adecuadamente aislado y presentará un equipo de la potencia necesaria para mantener una temperatura estable. Por último, se incorporará una instalación fotovoltaica que permita el aprovechamiento de la energía solar o en su defecto la conexión con una plataforma externa para el correcto funcionamiento de los distintos dispositivos que forman parte de ORCA.

El objetivo de este TFM es adaptar un contenedor de transporte marítimo con unas dimensiones de 20 pies, consiguiendo las necesidades y condiciones adecuadas para almacenar y transportar los detectores de ORCA, y su correcto funcionamiento durante su transporte en el barco Hespérides, durante el cual se realizará un estudio de observación de rayos cósmicos latitud y longitud, y una vez instalado en su ubicación definitiva en la base antártica JCI. Para ello, este TFM se divide en tres capítulos principales, cada uno de los cuales aborda la problemática expuesta a continuación.

1. Diseño de la estructura que permite la sujeción de los distintos detectores en el interior del contenedor, y que evite su movimiento durante procesos de cargas en grúas o movimientos de oleaje, prestando especial atención al monitor de neutrones que presenta una masa de 6.000 kg y que debe colocarse a media altura. Desarrollado en el Capítulo [2](#).
2. Aislamiento térmico del contenedor y climatización: Diseño del aislamiento que se realizará en el contenedor y la selección de un equipo de control térmico apropiado para asegurar las condiciones de funcionamiento del conjunto del sistema en el interior del contenedor. Desarrollado en el Capítulo [3](#).
3. Se calcularán los consumos de los distintos elementos consumidores de energía que se incorporen a ORCA. Se realizará la selección del equipo de generación fotovoltaica, el regulador, inversor y los acumuladores que serán utilizados en ORCA y se calcularán sus parámetros de funcionamiento. Desarrollado en el Capítulo [4](#).

Capítulo 2

Estructura de carga para los detectores.

A continuación, se desarrolla la problemática asociada al diseño de la estantería de carga que servirá para instalar los distintos detectores dentro del contenedor. Estos detectores, deben seguir una colocación concreta con el objetivo de poder identificar las mismas partículas en cada una de las unidades y combinar sus medidas para conseguir mayor nivel de información en sus observaciones. Por ello, serán apilados siguiendo el siguiente orden (de arriba a abajo): en la parte superior se ubicará Tristán; a continuación, un centellador del telescopio de muones MITO; después, los tres tubos desnudos del NM; después, otros tres tubos que siguen el estándar NM64 con recubrimiento de plomo y polietileno, y por último, el otro centellador de MITO. Colocar este centellador por debajo del monitor de neutrones con plomo sirve para poder filtrar de sus medidas las partículas con energías bajas que no conseguirán atravesar el plomo y, por tanto, no alcanzaran este centellador. Esta colocación puede ser observada en la Figura 1.7 del anterior capítulo. Por otra parte, ya que ORCA será un sistema detector de CR's diseñado para ser transportado, e incluso operar en sus trayectos, es necesario que sus detectores se coloquen en una estructura capaz de soportar sus cargas, teniendo en cuenta los movimientos y oscilaciones que pueden aparecer en estos desplazamientos, además de poder ser desmontable para facilitar sus traslados.

El objetivo de este capítulo es diseñar una estructura que permita el soporte de cada uno de los detectores, tanto para su funcionamiento en la ubicación definitiva en la base JCI de la Antártida, como para operar durante su transporte marítimo en el buque Hespérides. También se deben considerar los traslados por vía terrestre, en camión, y las cargas y descargas del contenedor en las plataformas de transporte mediante una grúa.

2.1 Dimensiones y análisis de masa de los detectores

En primer lugar, para efectuar el diseño de la estructura se realiza un estudio sobre las dimensiones y masas de cada uno de los elementos que serán incorporados. Para ello, se ha utilizado un software de diseño 3D Autodesk Inventor, creando los modelos de cada uno de los detectores, asignando las dimensiones reales y el material con el que está formado cada uno de sus elementos. El software permite definir la densidad de cada elemento, y gracias a los volúmenes generados en el modelo 3D, se obtiene una estimación de las masas de los detectores. A continuación, se enumeran los distintos detectores que formarán parte de ORCA, mostrando el detalle de sus dimensiones y masas.

2.1.1 CaLMA-A-NM

CaLMA-A-NM es el monitor de neutrones de ORCA. Está formado por un conjunto de 3 tubos BP28 siguiendo el estándar NM64, cubiertos por plomo y polietileno, y otros tres tubos idénticos, pero en este caso, sin recubrimiento. Estos tubos son los mismos que los utilizados en CaLMA, y sus características fueron descritas en el primer capítulo, en la Tabla 1.1. Al contar con tres tubos recubiertos por láminas de plomo, nos encontramos ante el detector más pesado de todos los que se implementan en ORCA, y por tanto, condicionará el diseño de la estructura. El modelo tridimensional de CaLMA-A-NM puede ser observado en la Figura 2.1.

2.1.1.1 Tubos desnudos.

El conjunto de los tubos desnudos está formado por tres unidades individuales de tubos contadores de neutrones BP28, estos tubos están formados por acero inoxidable con un espesor de 3.75 mm, y relleno de BF_3 , recubierto por un cilindro del moderador de polietileno de baja densidad con un espesor de 32 mm. Cada tubo presenta una masa de 53 kg. A estos tubos se les incorpora unos soportes de madera para poder colocarlos y fijarlos a la estructura. El motivo de seleccionar la madera como elemento auxiliar para los tubos es debido a que se trata de un material sencillo de trabajar. Sin embargo, puede ser sustituido por otro tipo de material, como el acero, que en presente una masa inferior que la madera. El modelo de una de las unidades individuales puede ser observado en la Figura 2.2. Cada una de ellas, incluyendo los soportes de madera, presenta una masa de 55 kg, por tanto, el conjunto de estos tres tubos presentará 165 kg en total.

2.1.1.2 Tubos siguiendo el estándar NM-64

El otro bloque que forma el NM de ORCA sigue el estándar NM-64 [9] y cuenta con otras tres unidades de tubos contadores de neutrones BP28 [11], por tanto se trata de un 3NM64. Entre cada uno de estos tubos habrá una separación de 50 cm. Como moderador se utilizará polietileno de baja densidad, un polímero termoplástico conformado por unidades de etileno que presenta con buena resistencia térmica, buena resistencia a impactos y con un espesor definido por el NM64 de $1,84g/cm^2$. Como productora se utiliza plomo colocado en anillos alrededor de cada uno de los tubos, con un espesor de $156g/cm^2$. Por último, el reflector también de polietileno de baja densidad presenta un espesor de $7,0g/cm^2$. Las dimensiones se 2200 mm de largo por 1650 mm de ancho. Aplicando los datos aportados por el estándar NM64 y recogidos en la siguiente Tabla 2.1, la masa de un 3NM64 será de 5990 kg.

Standard	NM64
Tipo de contador	BP28
Número de contadores	3
Separación entre contadores (cm)	50.0
Material Moderador	Polietileno
Espesor medio del moderador (g/cm^2)	1.84
Material Productor	Plomo
Espesor medio del productor (g/cm^2)	156
Material Reflector	Polietileno
Espesor medio del reflector (g/cm^2)	7.0

Tabla 2.1: Características del estándar NM64.

Uno de los problemas que se plantea a la hora de realizar la descarga del contenedor en la costa Antártica, es la limitación en las capacidad de carga de los equipos disponibles en la Base JCI, por tanto

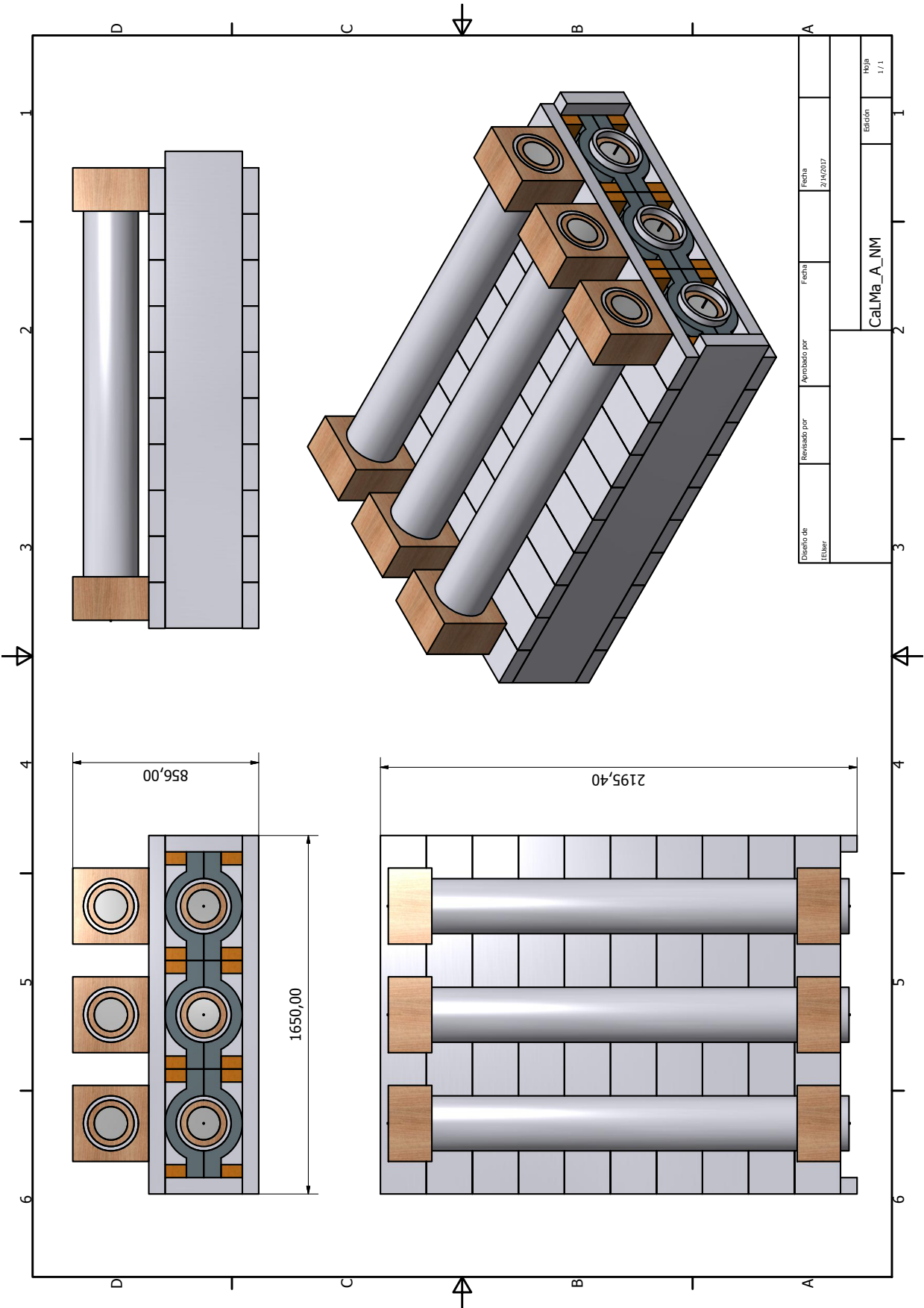


Figura 2.1: CaLMa-A-NM. Unidades en mm.



se ha limitado la capacidad máxima de carga 5.000 kg para los traslados de material desde el barco hasta la base. Como CaLMa-A-NM es el detector más pesado se ha ideado un sistema modular de sus tubos, para que pueda ser separado en tres unidades individuales, como puede observarse en la Figura 2.3 en la que aparecen acotadas las dimensiones de cada uno de los módulos, cuya masa individual es de 2000 kg aproximadamente.

La siguiente la Tabla 2.2, recoge la información de dimensiones y masa obtenida en este apartado.

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Masa (kg)
Tubo Desnudo (unidad)	2,083	0,350	0,350	55
3NM64	2,195	1,650	0,506	5990
CaLMa-A-NM (total)				6155

Tabla 2.2: Dimensiones y masas de CaLMa-A-NM.

2.1.2 Telescopio de muones: CaLMa-A-MITO

CaLMa-A-MITO (Muon Impact and Track Observer) es un telescopio de muones, formado por dos unidades de plásticos centelladores BC-400 que al ser excitados por partículas energéticas que los atraviesan generan fotones, que serán recogidos por los sensores fotomultiplicadores (PMT's) colocados a una cierta distancia en perpendicular al centro de cada una de las cuatro caras laterales. El modelo del centellador y los PMT's pueden ser observados en la Figura 2.4. Estos elementos se introducen en una estructura de aluminio que asegura la ausencia de luz exterior en el interior y permite fijar los fotomultiplicadores a la distancia con la que son capaces de observar la totalidad de cada una de las caras laterales del centellador a la que apuntan. La figura 2.5 muestra el modelo tridimensional y las dimensiones de CaLMa-A-MITO. Cada centellador de gran superficie presenta unas dimensiones de 100x100x5 (cm) y su densidad es de 1.032 g/cm^3 por tanto su masa será de 51,60 kg. Mientras que la estructura de aluminio presenta una masa de 29,50 kg. Los PMT's presentan una masa despreciable frente al conjunto de MITO, por ello cada uno de los telescopios de muones presenta una masa aproximada de 82 kg. El detalle de las dimensiones y masa de este detector se muestran en la Tabla 2.3.

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Masa (kg)
Centellador	1,000	1,000	0,050	51,60
Aluminio	1,622	1,622	0,120	29,50
CaLMa-A-MITO (cada módulo)				81,10

Tabla 2.3: Dimensiones y masas de CaLMa-A-MITO.

2.1.3 TRISTÁN

Este detector será desarrollado por la Universidad de Santiago de Compostela, e incorporado al conjunto de detectores en la fase final de su desarrollo. Se ubica en la parte superior del conjunto de detectores, y se compone por tres planos independientes que realizan medidas correlativas para detectar e identificar distintos tipos de partículas. Este detector incorporará su propia estructura de sujeción, que será acoplada en la parte superior de la diseñada en este capítulo, teniendo en cuenta el peso de esta estructura en el peso de cada uno de los planos de TRISTÁN. El detalle de las dimensiones y masa de este detector se muestran en la Tabla 2.4. El modelo 3D de TRISTÁN se muestra en la Figura 2.6

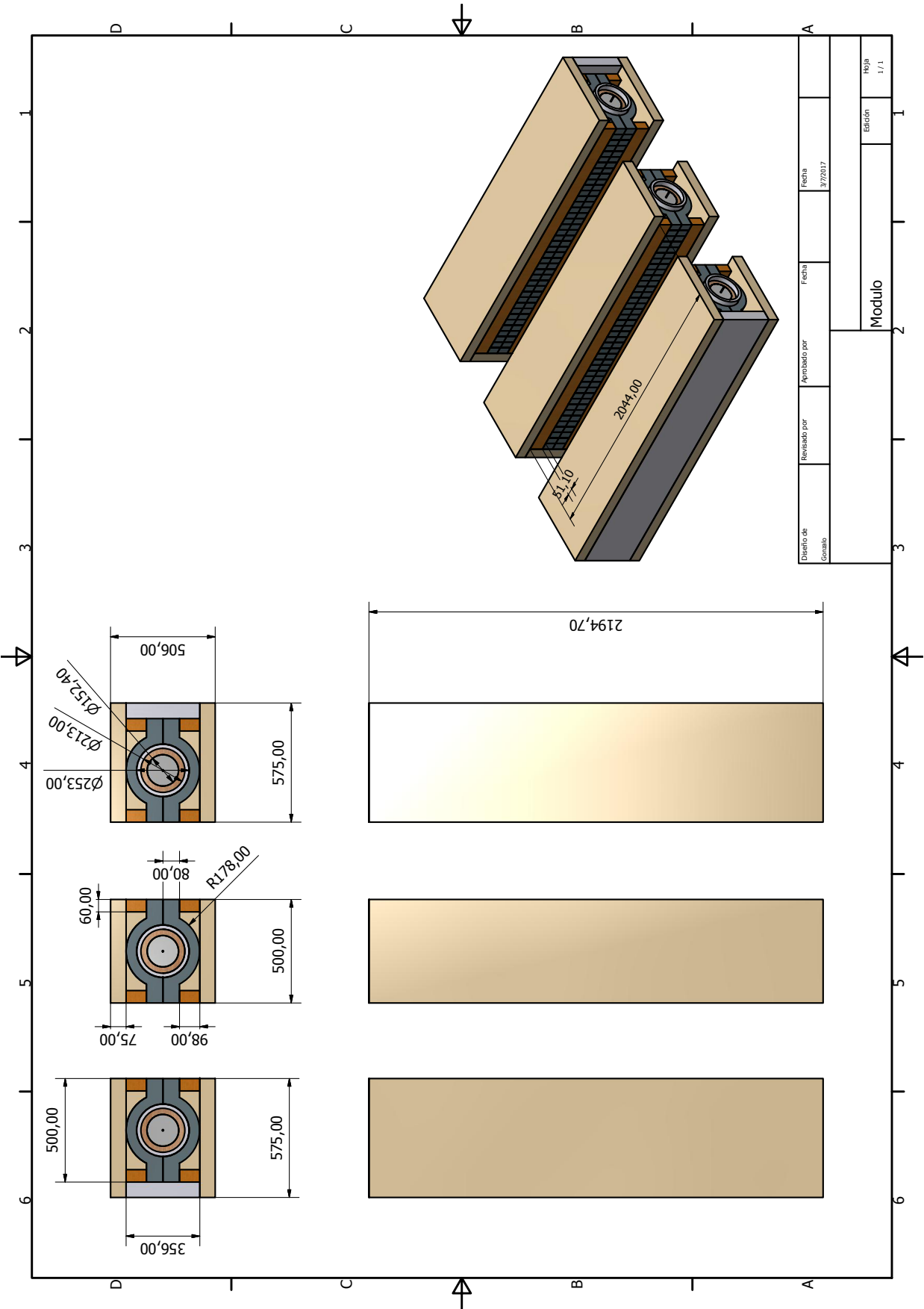


Figura 2.3: CaLMa-A-NM. Módulos independientes para el traslado de material. Unidades en mm.

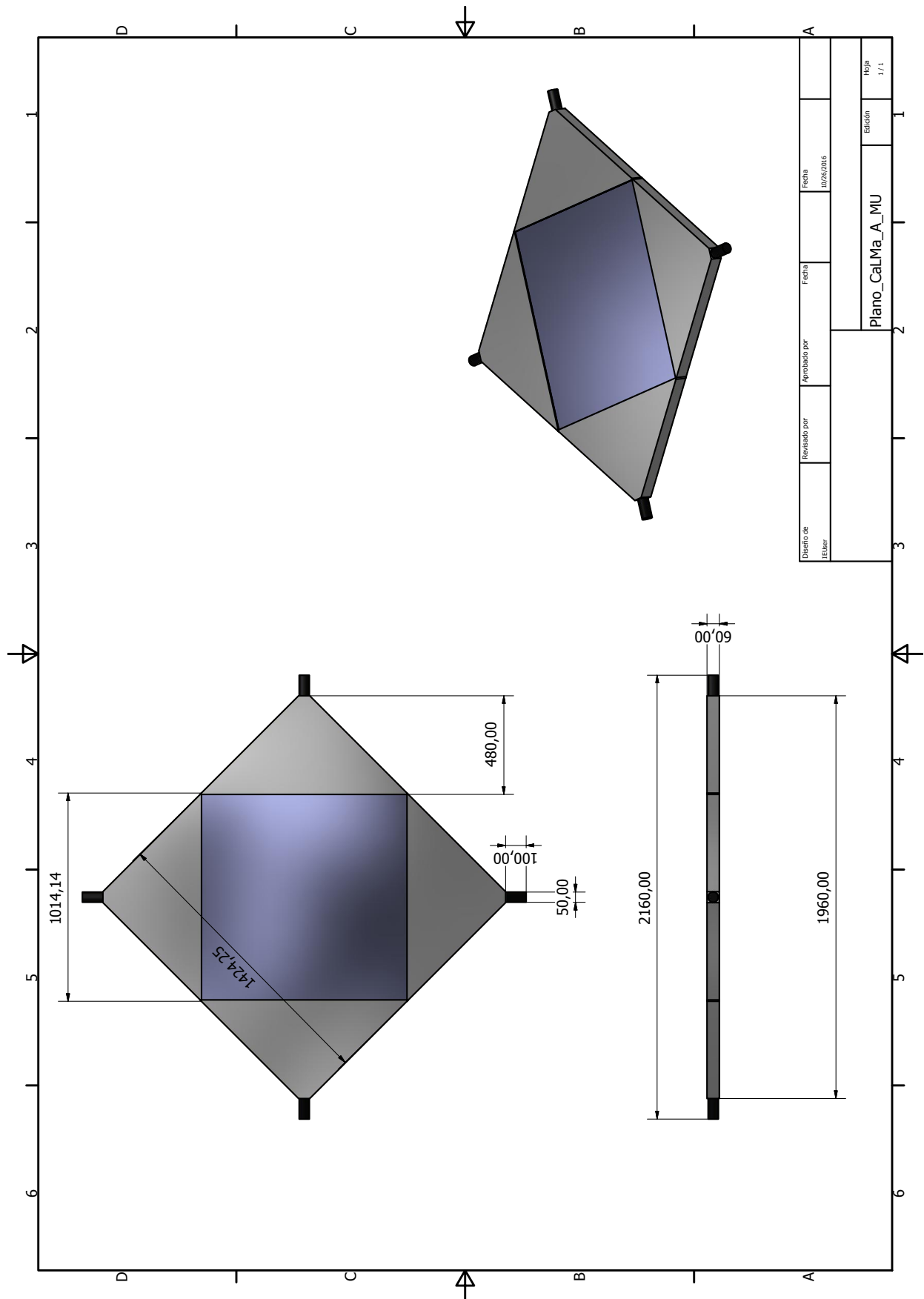


Figura 2.4: Centellador y PMT's de CalMa-A-MITO. Unidades en mm.

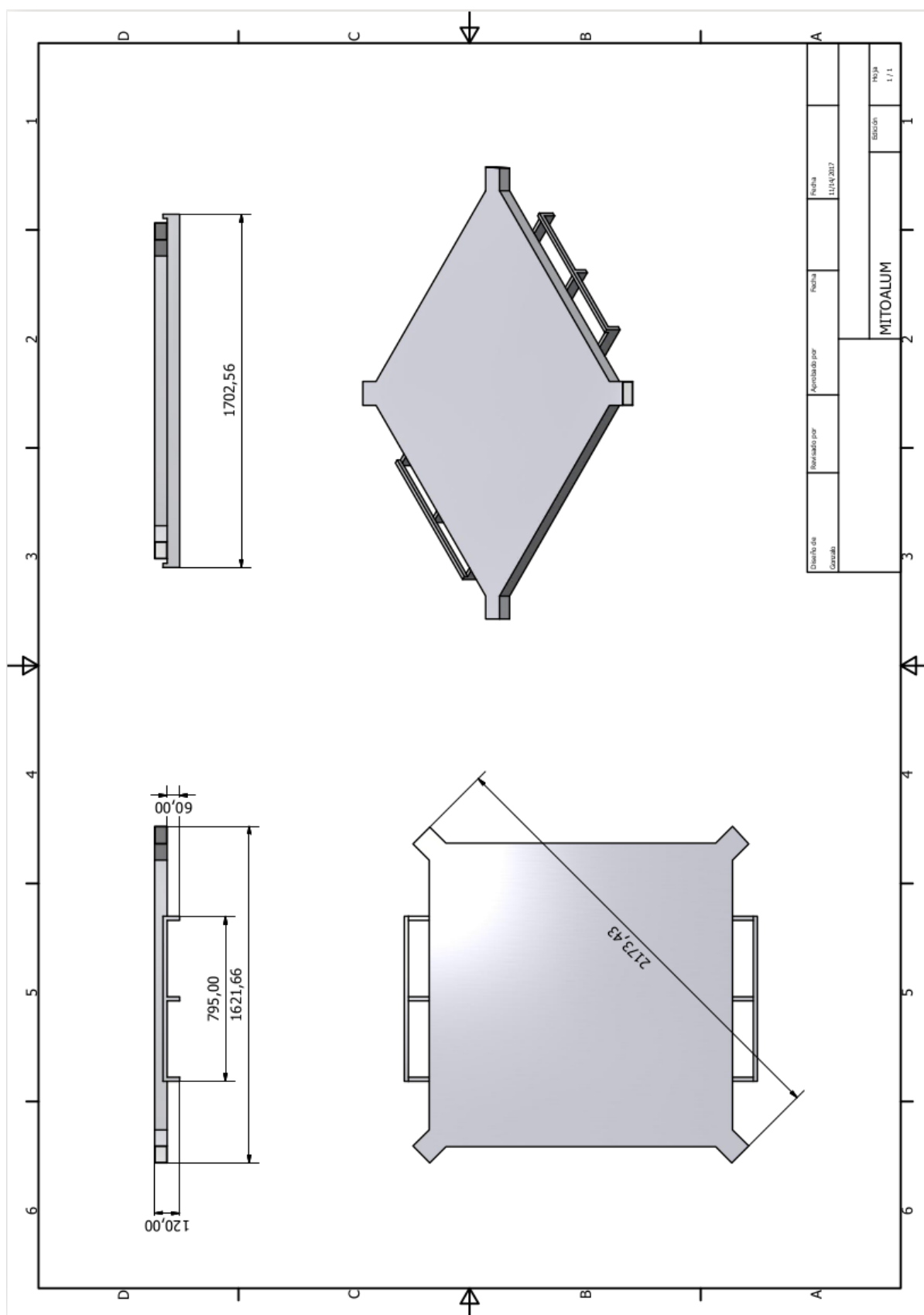


Figura 2.5: Telescopio de muones CaLMA-A-MITO. Unidades en mm.

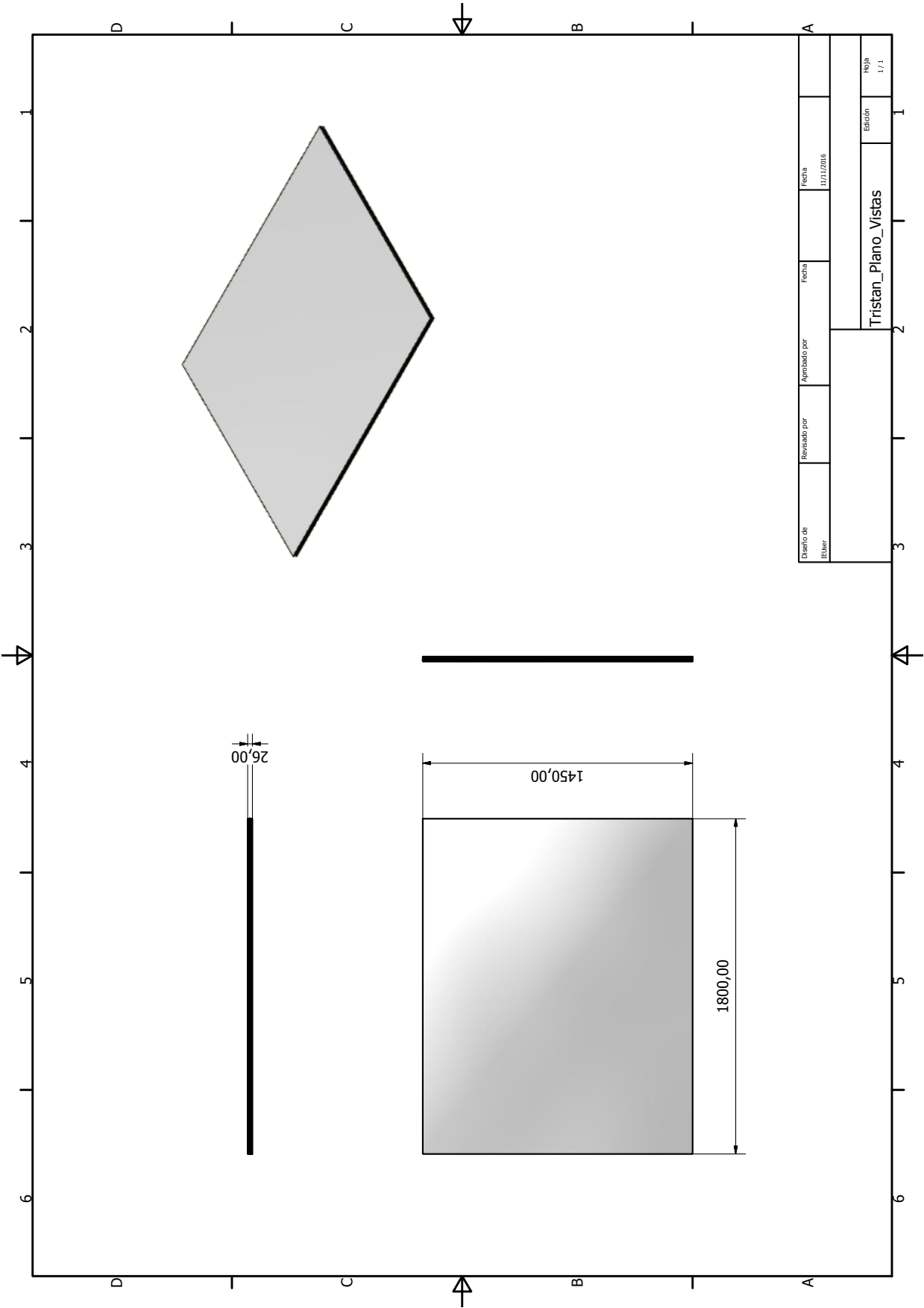


Figura 2.6: TRISTÁN. Unidades en mm.

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Masa (kg)
Plano individual	1,800	1,450	0,026	96
TRISTAN				288

Tabla 2.4: Dimensiones y masas de Tristán.

2.1.4 Dimensiones y masas finales

En la Tabla 2.5 se recogen las dimensiones y las masas de los distintos detectores para realizar los cálculos de la estructura de soporte de los mismos, resultado del estudio previamente realizado.

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Masa (kg)
Tubo desnudo (x3)	2,100	0,350	0,350	165
3NM64	2,100	1,650	0,510	5.990
CaLMa-A-MITO (x2)	1,705	1,625	0,120	164
Tristán (x3)	1,800	1,450	0,030	288
Total				6.607

Tabla 2.5: Dimensiones y masas de los detectores.

2.2 Cálculo de la estructura de soporte para los detectores

El contenedor seguirá un recorrido por carretera desde Alcalá de Henares hasta el puerto de Cartagena, donde será cargado en el buque Hespérides, el barco que será el encargado de transportarlo vía marítima hasta la costa de la isla Livingston. Una vez allí, será descargado e instalado en su ubicación definitiva en la Base Juan Carlos I, donde permanecerá operativo indefinidamente. Por ello, se diseña una estructura de carga que se acople al interior del contenedor y permita una correcta colocación y sujeción de los distintos detectores que formarán ORCA, y asegurar su estabilidad frente a oscilaciones.

A continuación, se presentan los conceptos que se aplicarán para el diseño y el cálculo de la estructura.

2.2.1 Datos de cálculo

2.2.1.1 Normativa aplicada

El cálculo del diseño de la estructura de carga de ORCA sigue considerando el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) [12], y una de las prescripciones aplicables a este documento donde se recoge la normativa específica para aceros laminados y armados; el Documento Básico para la Seguridad Estructural del Acero (DB SE-A) [13]. Para verificar la estabilidad de la estructura frente a los efectos de la actividad sísmica, se considera la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 [14].

2.2.1.2 Materiales

Para esta estructura se han considerado los aceros de la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general) en cada una de las partes que la componen, cuyas características aparecen en la Tabla 2.6. El material utilizado es el acero laminado S275 cuyas características se muestran en la Tabla 2.7.

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

Tabla 2.6: Características mecánicas de los aceros UNE EN 10025.

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Notación: <i>E</i> : Módulo de elasticidad <i>ν</i> : Módulo de Poisson <i>G</i> : Módulo de cortadura <i>f_y</i> : Límite elástico <i>α_t</i> : Coeficiente de dilatación <i>γ</i> : Peso específico							

Tabla 2.7: Características acero laminado S275.

Las estructuras se proyectan con el fin de que la probabilidad de alcanzarse el fallo de las mismas (estado límite) durante su periodo de vida útil sea muy pequeña. Para conseguir este objetivo se mayoran las acciones multiplicándolas por unos coeficientes de ponderación y, por otro lado, se minora la resistencia del acero dividiendo su límite elástico f_y por un coeficiente γ_M . El valor característico del límite elástico del acero f_y debe ser garantizado por el fabricante. A partir de los valores característicos mostrados en la Tabla 2.6, se obtienen los valores de cálculo: $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M}$, siendo γ_M el coeficiente de minoración de la resistencia. Para los coeficientes parciales de minoración de la resistencia se adoptarán los valores indicados en la Tabla 2.8.

$\gamma_{M0} = 1,05$	coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.
$\gamma_{M1} = 1,05$	coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.
$\gamma_{M2} = 1,25$	coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.
$\gamma_{M3} = 1,1$	coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en E.L.S.
$\gamma_{M3} = 1,25$	coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en E.L.U.
$\gamma_{M3} = 1,4$	coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.

Tabla 2.8: Coeficientes parciales de minoración de la resistencia del acero.

La estructura se diseña con dos tipos de perfiles normalizados con el objetivo de reducir costes.

- IPE 100: El perfil IPE es un producto laminado cuya sección normalizada tiene forma de doble T también llamado I y con el espesor denominado Europeo. Las caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre sí y perpendiculares al alma, y así las alas tienen espesor constante.
- HEB 120 B: Se denomina perfil HE, o perfil de alas anchas y caras paralelas, al producto cuya sección tiene forma de H. Estos perfiles son designados por las letras HEB, seguidas de un número que indica la altura total nominal del perfil base HEB, expresada en milímetros.

Las características mecánicas de los perfiles utilizados se muestran en la Tabla 2.9.

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 100, (IPE)	10.30	4.70	3.27	171.00	16.00	1.20
		2	HE 120 B, (HEB)	34.00	19.80	5.73	864.40	317.50	13.84
Notación:									
Ref.: Referencia									
A: Área de la sección transversal									
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'									
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'									
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'									
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'									
It: Inercia a torsión									
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

Tabla 2.9: Características mecánicas de los perfiles empleados.

2.2.1.3 Uniones

Todas las uniones se han diseñado para ser atornilladas, permitiendo que la estructura sea desmontable, fácil de transportar y más manejable que en el caso de resolver las uniones con soldadura. En la Tabla 2.10 se resumen las características mecánicas mínimas de los aceros de los tornillos de calidades normalizadas en la normativa ISO. En el contexto de este capítulo se entenderá por tornillo el conjunto tornillo, tuerca y arandela.

Clase	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)	240	300	480	640	900
Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Tabla 2.10: Características mecánicas de los aceros de los tornillos, tuercas y arandelas.

2.2.1.4 Estados límite

Según el DBSE [12], para asegurar la validez de la estructura, se requieren dos tipos de verificaciones, relativas a:

1. Estados Límite Últimos (E.L.U.) La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.
2. Estados Límite de Servicio (E.L.S.) La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto de la estructura, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

2.2.1.5 Acciones

Para el cálculo de las distintas situaciones del proyecto, sobre estas acciones se aplican unos coeficientes parciales de seguridad (γ) y unos coeficientes de combinación o simultaneidad (ψ). Los coeficientes utilizados en los cálculos de las combinaciones de situaciones para esta estructura son los mostrados en las tablas de la Tabla 2.11.

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo en:

- Acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre la estructura con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos) o no (como las acciones geológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite. Las cargas asociadas con la masa de los detectores y el peso propio de la estructura se incluyen en este tipo de acciones.
- Acciones de pretensado (P): Son aquellas que aparecen al someter a un material a compresiones permanentes, generandose en sentido opuesto a la carga soportada.

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_s)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Temperatura (T)	0.000	1.500	1.000	0.600

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_s)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Temperatura (T)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Notas:
⁽¹⁾ Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de las de la otra.

Accidental				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_s)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Temperatura (T)	0.000	1.000	0.500	0.000
Accidental (A)	1.000	1.000	-	-

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

Tabla 2.11: Coeficientes de seguridad y de simultaneidad.

- Acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura, como las debidas al mantenimiento, cuando algún técnico necesite subir a la estructura. Los coeficientes de combinación para acciones variables, se pueden clasificar en tres valores en función de la frecuencia con la que aparecen las acciones variables a las que acompañan.
 - El valor de combinación de una acción variable representa su intensidad en caso de que en un determinado periodo actúe simultáneamente con otra acción variable. Se representa como el valor característico (Q) multiplicado por un coeficiente ψ_0 .
 - El valor frecuente de una acción variable será superado durante el 1 % del tiempo de referencia. Se representa como el valor característico (Q) multiplicado por un coeficiente ψ_1 .
 - El valor casi permanente de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 50 % del tiempo de referencia. Se representa como el valor característico (Q) multiplicado por un coeficiente ψ_2 .
- Acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

En el cálculo de la estructura de ORCA se tendrán en cuenta las siguientes acciones, clasificadas por tipo de acción. Cabe destacar que el centellador inferior de CaLMa-A-MITO no aparece en estos cálculos, ya que este estará colocado sobre el suelo del propio contenedor.

- Acciones permanentes (G):
 - Peso Propio.
 - CaLMa-A-MITO: centellador superior.
 - CaLMa-A-NM: tres tubos desnudo.
 - CaLMa-A-NM: tres tubos NM64.
 - TRISTAN.
- Acciones variables (Q):
 - Técnico de mantenimiento.
- Acciones accidentales (A):
 - Sismo eje X.
 - Sismo eje Y.

2.2.1.6 Combinación de acciones

Mediante estas combinaciones se obtienen valores que evitan la consideración simultánea de todas las acciones variables y accidentales, teniendo en cuenta la probabilidad de que ocurran en un mismo intervalo de tiempo. En el caso de estudio de la estructura de ORCA solo aparecen una carga variable y una carga accidental (sismo), por tanto estos cálculos de combinatoria se ven simplificados.

Según se recoge en el DB-SE [12], el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión 2.1.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2.1)$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes ($\gamma_G \cdot G_k$), incluyendo el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción variable cualquiera ($\gamma_Q \cdot Q_k$), analizándose sucesivamente para el resto de acciones variables;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria, particularizando para el caso en que la acción accidental (A) sea la acción sísmica, todas las acciones variables se tendrán en cuenta con su valor casi permanente, y los coeficientes parciales de seguridad de las acciones permanentes, pretensado, variables y accidentales será igual a 1. Se muestra en la Ecuación 2.2.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_A \cdot A + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2.2)$$

2.2.1.7 Sismo

En el cálculo de la estructura se considera la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 [14]. Esto permite asegurar la fiabilidad de la estructura en las situaciones de transporte como trayectos en camión, en grúa o en barco. Según esta norma las construcciones, según el uso al que son destinadas y los daños que puede ocasionar su destrucción, se pueden clasificar en:

1. De importancia moderada. Aquellas con probabilidad despreciable de producir o interrumpir servicios primarios.
2. De importancia normal. Aquellas cuya destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, sin que se trate de un servicio imprescindible.
3. De importancia especial. Aquellas cuya destrucción pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

En este caso, se calcula la estructura como un tipo de construcción de importancia normal. Los datos que se presenta a continuación, sirven para caracterizar la respuesta de la estructura en caso de sismo.

2.2.1.7.1 Aceleración sísmica básica La peligrosidad sísmica de un territorio es expresada en relación al valor de la gravedad, g, mediante la aceleración sísmica básica, a_b , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, y el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto. En este caso se selecciona un valor para a_b de 0,20g y un coeficiente de contribución $K = 1,3$. Se seleccionan valores elevados para asegurar la estabilidad de la construcción frente a oscilaciones.

2.2.1.7.2 Aceleración sísmica de cálculo La aceleración sísmica de cálculo, a_c , se calcula según la Ecuación 2.3.

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad (2.3)$$

donde:

- a_b Aceleración sísmica básica,
- ρ Coeficiente adimensional de riesgo, función de probabilidad de que se exceda a_c en la vida útil de la construcción. Tomando un valor de $\rho = 1,0$ para construcciones de importancia normal.
- S Coeficiente de amplificación del terreno. Un parámetro que depende de ρ y de C (coeficiente de terreno).

El coeficiente del terreno (C) es un parámetro que depende del tipo de terreno. Para los cálculos se considera el coeficiente $C = 1,3$. Por tanto, el coeficiente de amplificación del terreno, para $0,1g \leq \rho \cdot a_b \leq 0,4g$ será:

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33\left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1\right)\left(1 - \frac{C}{1,25}\right) = 1,027$$

Aplicando los anteriores criterios, la aceleración sísmica de cálculo será $a_c = 0,205g(m/s^2)$.

2.2.2 Estructura

Para el diseño y análisis de la estructura que soportará los detectores de ORCA se ha utilizado un software orientado al cálculo de estructuras de construcción (CYPE). De este modo, se sistematiza el cálculo de la estructura frente a posibles cambios en alguno de los parámetros, ahorrando tiempo y recursos en el futuro del desarrollo del proyecto ORCA. El informe completo con toda la información, con gran nivel de detalle, relativa al cálculo de la estructura se incluye en el Capítulo C Anexos.

2.2.3 Resultados

El diseño y el cálculo de la estructura de ORCA se desarrolla en el Capítulo 5 Resultados.

Capítulo 3

Aislamiento y Climatización

Con el propósito de que las medidas obtenidas por el conjunto de detectores resulten lo más representativas posible, es importante asegurar que estas se obtienen en un entorno controlado; a una temperatura constante y una humedad relativa apropiada, de manera que evitemos desviaciones en la precisión de las medidas ocasionadas por errores introducidos en el sistema, como consecuencia de la alteración de alguna de las condiciones del entorno de funcionamiento. Por ello, es necesario conseguir que el interior del contenedor permanezca aislado frente a las condiciones climáticas exteriores y asegurar su estanqueidad para evitar la entrada de aire, agua o humedad. También, se debe instalar el equipo de climatización que permita introducir o extraer potencia calorífica del interior del habitáculo para mantener las condiciones operativas deseadas.

El objetivo de este capítulo es realizar el diseño del aislamiento y seleccionar el material a utilizar, definiendo sus características térmicas. Además, se seleccionará el equipo de climatización que mejor se ajuste a las necesidades de este proyecto.

3.1 Transmisión de calor

Para el diseño del aislamiento térmico del contenedor se sigue la Guía Técnica para el Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos [15]. En la transferencia de calor entre dos entornos separados por un elemento tienen lugar tres mecanismos típicos: conducción, convección y radiación.

- El mecanismo de conducción es la transferencia de calor a través de un material sin movimiento macroscópico.
- El mecanismo de convección es la transferencia de calor por conducción con existencia de un movimiento macroscópico de los materiales.
- El mecanismo de radiación es la transferencia de calor entre superficies sin la necesidad de la presencia de un medio material entre ambas.

A continuación, se hablará sobre la resistencia térmica (R), la capacidad de un material de oponerse al flujo de calor a través de él. Su inversa es la transmitancia (U), definida como la cantidad de energía térmica que atraviesa un material por unidad de tiempo.

3.1.1 Resistencias térmicas por conducción

La ecuación que rige el intercambio de calor por conducción es la conocida ecuación de Fourier, mostrada en la Ecuación 3.1, la cual considera que la densidad de flujo de calor por unidad de área es proporcional al gradiente de temperaturas en la dirección perpendicular al área considerada:

$$\frac{q}{A} = -\lambda \frac{dT}{dn} [W/m^2] \quad (3.1)$$

donde,

- q es el calor intercambiado por unidad de tiempo (W).
- A es el área de la superficie (m^2) en la que se efectúa el intercambio de calor.
- λ es la conductividad térmica ($\frac{W}{mK}$).
- $\frac{dT}{dn}$ es el gradiente de temperaturas en la dirección normal al área ($\frac{K}{m}$).

La constante de proporcionalidad se conoce como conductividad térmica del material (λ), tomándose en general de forma práctica como constante. En realidad, este parámetro puede presentar cierta dependencia con la temperatura del material. En estos casos se toma el valor medio dentro del campo de temperaturas en el que se desarrolla la aplicación. Los valores de dicha variable pueden ser muy diferentes, desde aislantes con conductividades del orden de varias centésimas ($0,04 \frac{W}{mK}$ para lana de vidrio; $0,024 \frac{W}{mK}$ para poliuretano tipo II; $0,029 \frac{W}{mK}$ para poliestireno tipo V) a metales puros con valores del orden de varias decenas ($40 \frac{W}{mK}$ para el acero, $100 \frac{W}{mK}$ para el cobre). Esta variación tan grande hace que la resistencia térmica al paso de calor de materiales con mucha conductividad, como los metales, sea en la práctica despreciable.

La anterior ecuación particularizada para el caso de una superficie plana, en la que entre sus caras aparezca una diferencia de temperatura ΔT , es mostrada en la Ecuación 3.2.

$$\frac{q}{A} = \frac{\Delta T}{e/\lambda} [W/m^2] \quad (3.2)$$

donde,

- ΔT es la diferencia de temperaturas ($\frac{K}{m}$).
- e es el espesor del material aislante (m).

Despejando la anterior expresión se obtiene la resistencia térmica por conducción en una superficie plana, mostrada en la Ecuación 3.3.

$$R_{condplana} = \frac{e}{\lambda} [m^2 K/W] \quad (3.3)$$

donde $R_{condplana}$ es la resistencia térmica por conducción del materia debida a procesos de conducción térmica en una superficie plana.

3.1.2 Resistencias térmicas por convección

La ecuación que rige el intercambio de calor por convección es la conocida ecuación de Newton, Ecuación 3.4, la cual considera que la densidad de flujo de calor por unidad de área es proporcional a la diferencia de temperaturas entre la superficie y la temperatura del fluido.

$$\frac{q}{A} = h_{conv}(\Delta T)[W/m^2] \quad (3.4)$$

En este caso, la constante de proporcionalidad se conoce como coeficiente de convección o coeficiente de película (h_{conv}) y en la realidad es lo menos parecido a una constante. Dicho coeficiente de convección presenta gran variación en función del tipo y cantidad de movimiento que presente el fluido, así como de su estado, e incluso del mismo gradiente de temperaturas (pared-fluido). Respecto al movimiento se debe diferenciar entre movimiento provocado (forzado) por un elemento (bomba, ventilador) o por el ambiente (velocidad viento), y movimiento natural (debido a la diferencia de temperaturas dentro del fluido que a su vez provoca diferencia de densidades y por tanto desplazamiento). Para el caso de gases, como órdenes de magnitud se pueden señalar:

- Con movimiento natural del orden de varias unidades ($1 - 10W/m^2K$).
- Con movimiento forzado del orden de varias decenas ($10 - 100W/m^2K$).

En el caso de placas planas que presentan diferentes temperaturas ΔT entre la superficie y el fluido, la anterior expresión se puede particularizar a la mostrada en la Ecuación 3.5.

$$\frac{q}{A} = \frac{\Delta T}{1/h_{conv}}[W/m^2] \quad (3.5)$$

Despejando la anterior expresión, se obtiene la resistencia térmica por convección de una placa plana, mostrada en la Ecuación 3.6.

$$R_{conv,plana} = \frac{1}{h_{conv}}[m^2K/W] \quad (3.6)$$

3.1.3 Resistencias térmicas por radiación

La ecuación que rige el intercambio de calor por radiación es la conocida ecuación de Stefan-Boltzman, Ecuación 3.7, la cual considera que la densidad de flujo de calor por unidad de área es proporcional a la diferencia a la cuarta potencia de temperaturas, expresada en Kelvin, entre las superficies.

$$\frac{q}{A} = C(T_{sup1}^4 - T_{sup2}^4)[W/m^2] \quad (3.7)$$

En este caso la constante de proporcionalidad C es conocida como el coeficiente de emisión, y presenta diferentes valores en función de las propiedades radiantes de las superficies y de la forma del recinto (distancias y ángulos entre superficies), siendo en general difícil su determinación exacta.

En el caso de que la superficie en estudio sea de menor tamaño que las de su entorno o se encuentre en un espacio abierto, caso del contenedor, la anterior ecuación se reduce a la mostrada en la Ecuación 3.8.

$$\frac{q}{A} = \varepsilon\sigma(T_{sup1}^4 - T_{sup2}^4)[W/m^2] \quad (3.8)$$

Donde, σ es la constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$) y ε es el coeficiente de emisión de la superficie en estudio. Los valores del coeficiente de emisión dependen del tipo de superficie, siendo claramente diferentes el caso de superficies metálicas (0,05 para metálica brillante; 0,25 para metálica opaca; 0,5 para pinturas metálicas) y el resto de superficies (0,88 para pinturas, plásticos, ladrillos; 0,90 para pinturas no metálicas de color oscuro).

En la práctica se desconoce normalmente el valor de las temperaturas superficiales del resto de superficies, por lo que una buena aproximación será suponerla igual a la temperatura del aire. Por tanto, la expresión del flujo de calor se puede expresar (linealizando la ecuación) como un coeficiente de convección equivalente de radiación, mostrada en la Ecuación 3.9.

$$\frac{q}{A} = h_{rad}(\Delta T)[W/m^2] \quad (3.9)$$

Donde ΔT representa la diferencia de temperaturas entre la pared y el medio (aire). El valor del coeficiente de radiación (h_{rad}) será (suponiendo la temperatura del resto de superficies igual a la del aire) el mostrado en la Ecuación 3.10.

$$h_{rad} = \varepsilon \sigma (T_{sup} + T_{aire})(T_{sup}^2 + T_{aire}^2)[W/Km^2] \quad (3.10)$$

Finalmente, al haber expresado el intercambio radiante con la misma ecuación formal que la convección, la resistencia térmica para placa plana será del mismo tipo que las convectivas, sin más que sustituir el coeficiente de película en convección por el correspondiente en radiación en la Ecuación 3.6.

3.1.4 Resistencia térmica por convección-radiación

Cuando ambos mecanismos de intercambio son significativos, caso de gases y más concretamente presencia de aire, el calor intercambiado desde la superficie del elemento a su entorno tendrá dos contribuciones, una convectiva y otra radiante, es decir se pueden incluir las dos contribuciones en un mismo coeficiente de convección-radiación, como se muestra en la Ecuación 3.11.

$$\frac{q}{A} = h_{conv}(\Delta T) + h_{rad}(\Delta T) = h_{conv,rad}(\Delta T)[W/m^2] \quad (3.11)$$

3.1.5 Resistencia Térmica Global

Se puede resumir la contribución de las resistencias térmicas de diferentes capas de material y la existencia de convección y radiación, de los apartados anteriores, en una resistencia térmica global del sistema, como se muestra en la Ecuación 3.12. De donde extraemos la Ecuación 3.13, definirá el coeficiente global de transferencia de calor o transmitancia (U).

$$\frac{q}{A} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{total,placas}} = U_{plana}(T_{int} - T_{ext})[W/m^2] \quad (3.12)$$

$$U_{plana} = \frac{1}{R_{total,placas}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{conv,int}} + \sum_{capas,material} \frac{esp_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{conv-rad,ext}}} [W/Km^2] \quad (3.13)$$

3.1.6 Coeficiente de transmisión térmico en la embarcación.

La norma UNE-EN ISO 7547:2005/AC, embarcaciones y tecnología marina: aire acondicionado y ventilación de los alojamientos: condiciones de diseño y bases de cálculo [16], aporta la Ecuación 3.14 que involucra los conceptos previamente explicados para el cálculo del coeficiente de transmisión térmico en la cubierta de una embarcación.

$$\frac{1}{U} = \Sigma \frac{1}{\alpha} + \frac{\Sigma \frac{e}{\lambda} + M_L + M_B}{\mu} \quad (3.14)$$

donde:

- U es el coeficiente de transmisión total de calor, $\frac{W}{m^2K}$
- α es el coeficiente de transmisión de calor del aire exterior en $\frac{W}{m^2K}$
 - $\alpha = 80 \frac{W}{m^2K}$ para superficies exteriores expuestas al viento (20 m/s).
 - $\alpha = 8 \frac{W}{m^2K}$ para superficies interiores no expuestas al viento (0,5 m/s).
- e es el espesor del material en metros (m).
- λ es la conductividad térmica, $\frac{W}{mK}$.
- M_L aislamiento térmico de un espacio de aire $\frac{m^2K}{W}$.
- M_B aislamiento térmico entre diferentes capas de material $\frac{m^2K}{W}$.
- μ factor de corrección para las estructuras de acero.
 - $\mu = 1,2$ para un aislamiento plano de espesor uniforme.
 - $\mu = 1,45$ para un aislamiento corrugado de espesor uniforme.

3.2 Aislamiento

El aislamiento se realizará de poliuretano (PUR) dejando una cámara de aire entre la pared del contenedor y la plancha de PUR. La información sobre este material ha sido extraída de la Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envoltura Térmica de los Edificios - Soluciones de Aislamiento con Poliuretano [17].

3.2.1 Cámaras de aire sin ventilar

En una cámara de aire existe convección y radiación, tal como hemos visto. No obstante, en la práctica se le asigna a dicha capa una cierta resistencia térmica global en función de su espesor y disposición. Es de destacar que la resistencia térmica que se asigna no es proporcional al espesor, e incluso a partir de un cierto espesor el aumento del mismo no conlleva una mayor resistencia, sino que disminuye, ya que en esos casos el movimiento del aire dentro de la cámara es más libre. En la Tabla 3.1 se facilitan los valores típicos extraídos del código técnico de la edificación (CTE).

3.2.2 Poliuretano

El poliuretano aislante es una espuma rígida de celdas cerradas empleada en diversas aplicaciones en construcción tanto residencial como industrial. Se utiliza como material de aislamiento térmico en forma espuma proyectada in situ, en forma de planchas en combinación con diversos revestimientos o en forma de panel sándwich.

Espesor (mm)	10	20	30	40	50	100	150
Vertical	0,15	0,17	0,17	0,18	0,18	0,17	0,16
Horizontal	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16

Resistencia térmica para cámaras de aire ($\text{m}^2 \text{ K/W}$)

Tabla 3.1: Resistencia térmica para capas de aire.

3.2.2.1 Paneles sándwich de poliuretano

El panel sándwich de poliuretano inyectado es un producto de construcción compuesto de una parte central de espuma rígida de poliuretano adherida a dos paramentos generalmente metálicos. A efectos de sus usos y propiedades es considerado un producto o elemento de construcción único. El poliuretano se forma a través de una reacción exotérmica en la que se adiciona polioliol, isocianato, agente hinchante y aditivos, formando un producto que tiene una densidad entre 40 y 50 kg/m^3 . La inyección de estos componentes dentro los paramentos permite una unión uniforme y duradera sin necesidad de adhesivos. Hay disponibilidad en el mercado de paneles con paramentos de acero, acero inoxidable, aluminio, cobre y madera. Estos paramentos se pueden elegir en acabados tipo poliéster, PVDF, PVC, plastisoles o galvanizados; en función de la agresividad (humedad, temperatura y salinidad) de la zona donde se instale el panel para garantizar la mayor durabilidad. Los paneles sándwich de poliuretano son especialmente adecuados para aplicaciones de cubiertas y fachadas en edificios industriales y en cámaras frigoríficas donde son el producto líder, en edificios terciarios (centros comerciales, centros deportivos,...). Las características del panel sándwich de PUR son mostradas en la Tabla 3.2.

Densidad de la espuma		40 \pm 2 kg/m^3
Resistencia a la tracción		0,1 N/mm^2
Resistencia a la compresión		0,1 N/mm^2
Peso	30 mm	11-12 kg/m^2
	100 mm	14-15 kg/m^2
	200 mm	17-18 kg/m^2
Conductividad térmica		\leq 0,025 W/mK
Factor U	30 mm	0,67 $\text{W/m}^2\text{K}$
	100 mm	0,22 $\text{W/m}^2\text{K}$
	200 mm	0,11 $\text{W/m}^2\text{K}$
Reacción al fuego		B, C, D (según EN 13501-1) s1, do
Luces aproximadas de panel entre dos apoyos con carga repartida de 100 kg/m^2	30 mm	2,8 m
	100 mm	5-5,5 m
	200 mm	7,5-8,5 m

Tabla 3.2: Características de paneles sándwich de PUR.

Capítulo 4

Instalación eléctrica

ORCA es un sistema de detectores diseñado para operar de una manera ininterrumpida y con escaso mantenimiento, debido a la dificultad de realizar ajustes o modificaciones una vez se haya instalado en la base JCI en la isla Livingston de la Antártida. Por ello, es necesario disponer de una infraestructura sólida que proporcione la potencia necesaria para el consumo de los distintos detectores, sistemas de adquisición, electrónica, climatización, etc... que debe operar en el interior del contenedor. Para ello, ORCA se alimentará desde una infraestructura externa, el Hespérides durante el traslado o la base JCI una vez instalado en su ubicación definitiva, que será la encargada de suministrar la potencia necesaria. Además, se incluirá un conjunto de baterías que podrán ser recargadas desde paneles solares, o desde la propia toma de corriente externa, para poder mantener las condiciones operativas en caso de fallos en la entrega de potencia de la instalación. Los paneles solares serán utilizados para reducir el consumo de ORCA y recargar las baterías en ausencia de alimentación externa.

En el actual capítulo se expondrá el sistema de alimentación de potencia propuesto. Se enumerarán los diferentes dispositivos incluidos y sus consumos de potencia nominales y se realizará un estudio sobre la capacidad de los paneles solares y la autonomía de las baterías de la instalación fotovoltaica propuesta.

4.1 Consumo Energético.

A continuación, aparece una descripción de los distintos elementos consumidores de potencia que forman parte de ORCA.

- CaLMa-A-NM:

Cuenta con un total de 6 tubos contadores BP-28 [11], que presentan una tensión de polarización de -2.800 V y una tensión de alimentación de los preamplificadores de 12 V. La electrónica de los preamplificadores presenta un consumo de 0,090 W cada uno, lo que supone un total de 0.540 W, que serán aportados por una fuente de alimentación conmutada. La tensión de polarización de los tubos será aportada por una fuente de alta tensión (High Voltage Power Supply, HVPS) con polaridad negativa marca iseg modelo T1CP 030 405 n, cuya ficha técnica se adjunta en la sección Anexos B, que se alimenta a 220 VAC y presenta un consumo máximo de potencia de 10 W.

Para la distribución de la señal de alta tensión desde la fuente de alimentación hasta cada uno de los tubos, se ha diseñado una caja de distribución que utiliza conectores BNC. A esta caja de distribución se introduce la señal de salida de la fuente de alimentación de alta tensión y permite obtener siete salidas, de las cuales seis serán conectadas a cada uno de los tubos y una queda libre.

Mientras que para la alimentación de los preamplificadores, se ha diseñado un caja de distribución semejante a la anterior, donde se introduce la alimentación de 12 VDC y se pueden sacar hasta siete hilos para alimentar cada uno de los tubos. Por último, el Oscar Acquisition System (OAS) [18] que trabaja recogiendo la información con los tubos contadores presenta un consumo de 10 W con una tensión de alimentación de 12 VDC y 5 VDC, que serán aportados desde una fuente de alimentación conmutada.

- **CaLMa-A-MITO:**

Incluye la electrónica encargada de la alimentación de los PMT's para los centelladores y de adquirir y procesar la señal obtenida por estos sensores, que gestiona la información aportada por el centellador. Las tensiones de alimentación de esta electrónica será de 12V, con un consumo de 10 W, y alimentación simétrica $\pm 5V$, con un consumo de 15 W.

- **TRISTAN:**

El detector presenta una electrónica un consumo de 90 W. El procesamiento de sus datos se realizará mediante un ordenador portátil, con un consumo limitado a 150 W. La electrónica de este detector será alimentada por una o varias fuentes de alimentación seleccionadas por el equipo de la Universidad de Santiago de Compostela. Por ello, se reserva un consumo máximo de 250 W para este detector.

- **Comunicaciones:**

Los datos recogidos y procesados por los distintos sistemas de adquisición de cada uno de los detectores serán transferidos vía cable Ethernet al sistema de comunicaciones ORCA-Radio. Para ello, se instalará un concentrador Ethernet (HUB), con tensión de alimentación de 12 V y un consumo de 5 W, que recogerá varias líneas de datos y dará salida a todos ellos por una única línea que será conectada a ORCA-Radio. El cuál presenta una tensión de alimentación de 5 V y un consumo de 5 W.

- **Equipo de Climatización:**

En el anterior capítulo se realizó el estudio de climatización a implementar en ORCA. El modelo seleccionado es el Mitsubishi Serie MFZ-KJ, cuya especificaciones indican una tensión de alimentación es 220 V y un consumo nominal de 540 W para el modo de funcionamiento frío, mientras que para la generación de calor el consumo nominal es de 770 W. La hoja de características técnicas de este equipo se adjunta en la sección Anexos [B](#)

- **Barómetro:**

El barómetro utilizado para normalizar las medidas obtenidas por los detectores en función de la presión registrada es el modelo BM35 de la marca Meteolabor. Un instrumento de medición preciso de presión destinado a aplicaciones meteorológicas. La tensión de alimentación de entrada es de 12 V y su consumo máximo es de 1,74 W. La hoja de características de este barómetro se adjunta en la sección Anexos [B](#).

- **Iluminación:**

La iluminación del interior del contenedor será utilizada únicamente en los momentos en los que personal técnico realice trabajos de montaje, mantenimiento o ajuste de ORCA. Se instalarán 2 unidades de tubo LED a 220V con un consumo de 18W que genera 1656 Lm. Su ficha técnica se incluye en la sección Anexos [B](#).

Los consumos esperados por los distintos dispositivos de ORCA se muestran en la Tabla 4.1. Los dispositivos que presenten tensiones de alimentación de 5V y 12V DC, serán alimentados desde dos unidades de fuentes de alimentación conmutadas. Los dispositivos alimentados a 220V AC serán alimentados desde la salida del regulador/inversor de la instalación fotovoltaica.

Equipo	Subequipo	Tensión de Alimentación	Consumo
CaLMa-A-NM			
	Preamplificadores	12 VDC	0,540 W
	HVPS	220 VAC	10 W
	OAS $V_{in,1}$	12 VDC	6 W
	OAS $V_{in,2}$	5 VDC	2 W
CaLMa-A-MITO			
	$V_{in,1}$	12 VDC	10 W
	$V_{in,2}$	$\pm 5VDC$	15 W
TRISTAN			
	Electrónica detector	220 VAC	90 W
	Adquisición de datos	220 VAC	150 W
Comunicaciones			
	Concentrador Ethernet	12 VDC	5 W
	ORCA-Radio	5 VDC	5 W
Equipo de Climatización	Calor	220 VAC	770 W
Barómetro		220 VAC	1,74 W
Iluminación	Tubo LED	12 VDC	18 W

Tabla 4.1: Dispositivos y consumos esperados en ORCA.

4.2 Instalación de generación fotovoltaica

Como se ha explicado previamente, el sistema de alimentación de los dispositivos del interior será conectado a una infraestructura externa que brindará la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de los detectores y del control de climatización interior. Sin embargo, para evitar interrupciones ocasionados por paradas de mantenimiento, traslados cortos o fallos de suministro, se incluirán una serie de baterías que serán cargadas a través de unos paneles solares que serán colocados en una de las paredes laterales del contenedor. Existen múltiples soluciones para combinar o seleccionar el uso de la alimentación desde una red eléctrica, paneles solares y las baterías en función de las peculiaridades de cada situación. A continuación, se presenta los elementos que componen una instalación solar fotovoltaica [19].

1. Módulo fotovoltaico: Encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica en corriente continua. Está compuesto por un conjunto de paneles solares.
2. Regulador de carga: Nexo de unión entre los paneles solares y los elementos de consumo de la instalación. Protege a las baterías ante sobrecargas y proporciona una salida en corriente continua de una tensión fija con la que operará la instalación.
3. Baterías: Se encarga de recoger la energía aportada desde el regulador y almacenarla para ser utilizada en condiciones de baja luminosidad o cuando la producción de energía por los paneles solares no sea suficiente para cubrir las necesidades de consumo.
4. Inversor: Dispositivo que convierte la corriente continua del regulador en corriente alterna y fija la tensión necesaria para la conexión de los dispositivos que trabajan en corriente alterna. Por ejemplo, 220 VAC y 50 Hz.

4.2.1 Célula Fotovoltaica

Es el elemento principal de cualquier instalación fotovoltaica, y es la encargada de transformar los fotones que recibe de la luz solar en electricidad basando su funcionamiento en el efecto fotovoltaico. Contiene una unión P-N, donde el semiconductor de tipo N es la parte expuesta a la radiación solar, mientras que el semiconductor tipo P no debe de recibir luz y se encuentra metalizada por completo dentro de una zona oscura. Los parámetros fundamentales de la célula solar son:

- Corriente de iluminación (I_L): es la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.
- Corriente de oscuridad: es debida a la recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor.
- Tensión de circuito abierto (V_{OC}): es la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.
- Corriente de cortocircuito (I_{SC}): máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están en cortocircuito.

Cuando la célula solar es conectada a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea máxima: V_m (tensión máxima) e I_m (intensidad máxima), que siempre serán menores que V_{OC} e I_{SC} . En función de estos valores, la potencia máxima que puede entregar la célula solar será: $P_m = V_m \cdot I_m$. Pudiendo definir su factor de forma (FF) como $FF = \frac{V_m I_m}{V_{OC} I_{OC}}$ cuyos valores habituales son de 0,7 o 0,8.

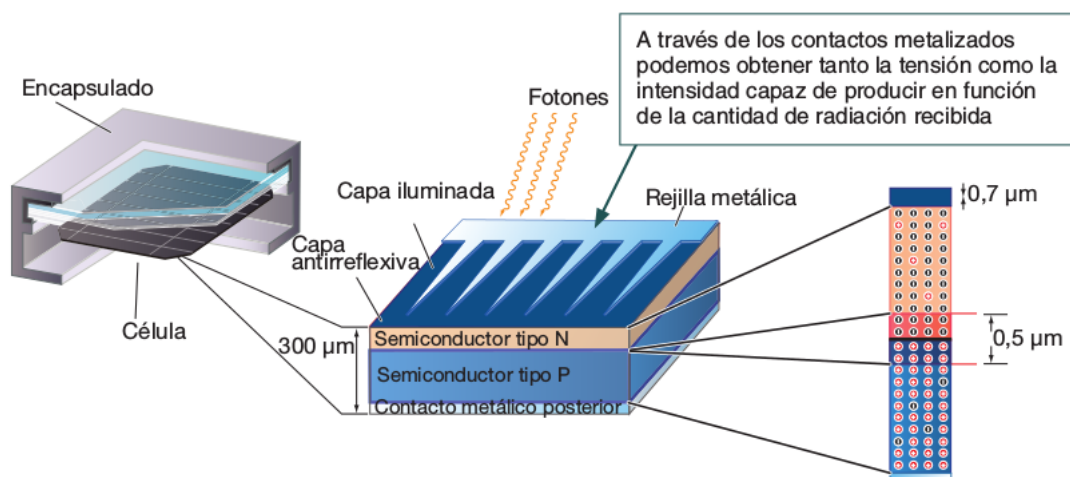


Figura 4.1: Detalle de una célula fotovoltaica.

4.2.2 Panel Solar

Un panel solar está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una misma estructura. Proporciona a su salida una tensión continua, y se diseña para unos valores fijos de tensión (6 V, 12 V, 24 V...). La potencia que proporciona una célula de tamaño estándar es muy pequeña, por lo que es necesario asociar varias de ellas para conseguir la potencia necesaria que se proporcionará a la instalación. Por ello, se deben de agrupar en paneles solares, realizando una conexión

eléctrica entre sus terminales. Si la conexión es en serie se aumentará la tensión final, mientras que si es en paralelo se aumentará la intensidad total.

4.2.3 Regulador de carga

Para el correcto funcionamiento de la instalación es necesario instalar un sistema regulador de carga entre la unión de los paneles solares y las baterías. El regulador de carga evita situaciones de sobrecarga o de descarga de las baterías, aumentando su vida útil. Los paneles solares proporcionan una tensión nominal mayor al de las baterías con el objetivo de atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura. Los cálculos de dimensionamiento de las instalaciones se hacen con datos de invierno, que suelen ser desfavorables, por lo que en verano la producción puede ser notablemente superior. Esto justifica la necesidad de un regulador que proteja las baterías frente a sobrecargas.

4.2.4 Baterías

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, del mismo modo que el consumo de potencia no es estable en el tiempo. Algunas de las condiciones pueden ser predecibles, como el día y la noche, las estaciones anuales, etc... Pero hay otras condiciones aleatorias que modifican la potencia recibida o consumida. Por ello, es necesario disponer de un sistema de acumulación de energía, que permite almacenarla cuando su producción es superior al consumo, y descargarse en caso contrario. Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica. Son recargadas desde la electricidad producida en los paneles solares, a través del regulador de carga, y pueden generar electricidad a su salida para ser consumida. Las baterías permiten almacenar energía durante un determinado período de tiempo, pueden proporcionar una potencia instantánea elevada (pico de consumo), y fijan la tensión de trabajo de la instalación.

Los parámetros más importantes de una batería son:

- Capacidad: define la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa del acumulador partiendo de un estado de carga total. Se mide en amperios-hora (Ah) y se calcula como el producto de la corriente de descarga por el tiempo que tarda en descargarse.
- Eficiencia de carga: relación entre la potencia empleada para recargar la batería y la energía realmente almacenada.
- Autodescarga: proceso mediante el cual el acumulador sin uso tiende a descargarse.
- Profundidad de descarga: cantidad de energía que se obtiene de la batería durante una determinada descarga partiendo de totalmente cargada. Está relacionada con la vida útil.

Las características deseables para las baterías a utilizar en instalaciones solares son: buena resistencia al ciclado (carga-descarga), bajo mantenimiento, buen funcionamiento con corrientes pequeñas. Las baterías se clasifican según su tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. En la Tabla 4.2 se muestran las características de los principales tipos de baterías. Las baterías más utilizadas en instalaciones solares son las de plomo-ácido debido ya que presentan un precio bajo, un número de ciclos medio y un bajo índice de autodescarga. Dentro de este tipo de baterías se encuentran los diferentes modelos que se presentan en la Tabla 4.3.

A la hora de elegir las baterías es importante tener en cuenta el efecto de la temperatura sobre las mismas. La capacidad aumenta a medida que sube la temperatura, y disminuye cuando baja. Si se

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20 %	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20 %	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6 %	Medio - bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Tabla 4.2: Características de los principales tipos de baterías.





TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclado profundo. • Tiempos de vida largos. • Reserva de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precio elevado. • Disponibilidad escasa en determinados lugares. 	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> • Precio. • Disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. • Tiempo de vida corto. • Escasa reserva de electrolito. 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación similar a SLI. • Amplia reserva de electrolito. • Buen funcionamiento en ciclados medios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de vida medios. • No recomendada para ciclados profundos y prolongados. 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> • Escaso mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V-I. 	

Tabla 4.3: Tipos de baterías de plomo-ácido.

preven temperaturas por debajo de 0°C se debe sobre dimensionar la capacidad necesaria calculada para compensar este efecto.

4.2.5 Inversor

El inversor es el dispositivo que convierte la corriente continua en alterna, y proporciona unos valores de tensión establecidos para el correcto funcionamiento de la instalación, en este caso 220 V 50 Hz. El objetivo es poder conectar los dispositivos que se suelen utilizar en laboratorios o de uso doméstico y aprovecharlos para este proyecto. Las características deseables de un inversor son: alta eficiencia, bajo consumo en vacío, alta fiabilidad, protección contra cortocircuitos. Los parámetros que determinan sus prestaciones son los siguientes:

- Potencia: determina la potencia máxima que podrá ser suministrada en condiciones óptimas.
- Fases: para valores por debajo de 5kW suelen ser monofásicos y a partir de 15kW suelen ser trifásicos.
- Rendimiento energético: debe ser alto en toda la gama de potencias que trabajará. El rendimiento es mayor cuanto más próximo se está de su potencia nominal.
- Protecciones: interruptor automático, limitador de tensión máxima y mínima, limitador de frecuencia máxima y mínima...

4.3 Instalación empleada

Un proyecto de estas características conlleva una serie de limitaciones a la hora de realizar el diseño de una instalación fotovoltaica. Por ejemplo, solo es posible emplear un máximo de 5 paneles solares para generar la energía, ya que las dimensiones del contenedor no permiten instalar más unidades por falta de espacio. El diseño y dimensionamiento de este sistema vendrá condicionado a partir de este criterio, ya que la potencia instalada en paneles solares determina el regulador de carga a utilizar y este a su vez la tensión de las baterías y del inversor de carga. En la siguiente sección, se muestra la selección de los componentes para ser implementados en la instalación de suministro de energía de ORCA.

4.3.1 Inversor, Cargador y Regulador de Carga

El modelo seleccionado es el inversor, cargador y regulador de carga Artesa Quadro 3000VA 24V PWM 50A [20], un inversor cargador de 3000VA 24V con regulador de carga incorporado de 50A. Se trata de un inversor de onda sinusoidal pura, con una potencia máxima de 2400W, capaz de trabajar con baterías de 24V. El cargador de baterías que incorpora de 30A, puede servir para cargar las baterías desde una fuente de 230V, ya sea la red eléctrica o un generador eléctrico. Es un equipo que integra el regulador de carga, el cargador de baterías y el inversor, de manera que puede gestionar todo lo necesario en cualquier instalación solar aislada sin necesidad de necesitar ningún otro aparato, solamente los paneles solares. Es necesario que los paneles instalados en el regulador de carga que incorpora sean de 24V, ya que es un regulador de carga PWM (Pulse Width Modulation). Los más habituales en este tipo de inversores son los paneles solares de 300W de 24V. El número máximo de paneles solares que podemos instalar en el inversor es de 5 unidades. Las características técnicas de este inversor se muestran en la Tabla 4.4 y su ficha técnica se adjunta en la sección Anexos B. Una de las funciones interesantes es que cuando la tensión de las baterías baja hasta el mínimo, activan la función cargador, que consiste en dar la orden a un grupo electrógeno, o hacer entrar la red eléctrica en caso de que la haya, para que alimente de nuevo las baterías y a la vez, suministre energía a la instalación.

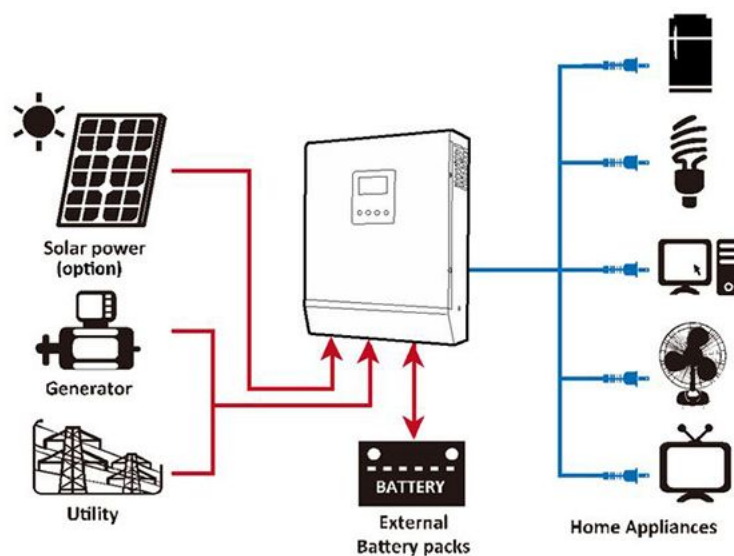


Figura 1 Sistema Híbrido

Figura 4.2: Esquema de funcionamiento del inversión seleccionado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Regulador de Carga	Valor
Corriente Máxima Admitida	50 A
Voltaje Máx Voc	60 VDC
Consumo Stand By	20 W
Cargador de Batería	
Voltaje de Batería	24 V
Voltaje en Flotación	27 V
Protección Sobrevoltaje	30 V
Corriente Máx. de Carga	20 - 30 A
Inversor	
Voltaje de Salida (+/- 5%)	230 V
Potencia Pico (3 segs)	3600 W
Eficiencia	93%
Tipo de Onda	Senoidal Pura
características Físicas	
Dimensiones mm (Largo x Alto x Ancho)	100 x 272 x 355
Peso (Kg)	6.9

Tabla 4.4: Características técnicas del Inversor.

	Paneles Solares 5P	Inversor Híbrido
Potencia (W)	1575	-
V _{max} (V)	37.1	-
I _{SC} (A)	45	50
I _{MP} (A)	42.45	-
V _{oc} (V)	45.41	60

Tabla 4.5: Especificaciones de la instalación solar frente a los permitidos por el regulador de carga.

4.3.2 Paneles solares

Según el clima habitual donde la placa solar se va a instalar se recomienda que sea de silicio monocristalino o policristalino. Se recomienda la instalación de placas solares monocristalinas en climas fríos con tendencias a tormentas o niebla, ya que este tipo de placas solares tienden a absorber mejor la radiación y soportan menos el sobrecalentamiento. Se recomienda la instalación de placas solares policristalinas en climas cálidos, pues absorbe el calor a una mayor velocidad y le afecta en menos medida el sobrecalentamiento. Para ORCA, al operar en un clima de temperaturas bajas, se selecciona un modelo de panel solar monocristalino.

Atendiendo a las características técnicas del regulador de carga del inversor seleccionado, y mostradas en la Tabla 4.4, se selecciona el panel solar de 315W, monocristalino y de tensión de funcionamiento 24 voltios de la marca Artesa [21]. Está compuesto por un cristal que se caracteriza por tener un elevado nivel de transmisividad, lo que permite aprovechar toda la luz proyectada por el sol.

Existen dos formas de conectar los paneles solares, en serie o en paralelo. Dependiendo del voltaje de salida que necesitemos tener en la instalación solar, tendremos que conectar los paneles de una forma u otra. En este caso, para ajustarse a las especificaciones del regulador de carga, se instalarán 5 unidades de estos paneles solares conectados en paralelo, obteniendo unas condiciones de instalación que se reflejan en la siguiente Tabla 4.5

4.3.3 Baterías

El modelo seleccionado es la batería UPower de 550Ah 6V [22]. Es una de las baterías más óptimas para instalaciones solares de medio tamaño. Se trata de una batería estacionaria de placa de plomo plana. Cada batería lleva dentro 3 placas de plomo tubulares estacionarios de 2V cada una, va inmersa en ácido sulfúrico dentro de un contenedor que evita así pérdidas de voltaje y ofreciendo una seguridad extra para la batería. Se trata de una batería con una vida útil de alrededor de 1280 ciclos de vida, con una profundidad de descarga media del 60%. Se recomienda que este tipo de baterías funcione siempre en serie, ya que las conexiones de baterías en paralelo, pueden provocar un cierto desgaste de algunas baterías del sistema gracias a la resistencia interna que tienen las mismas. Su ficha técnica se adjunta en la sección Anexos B.

Para conseguir los 24 V del cargador de baterías del inversor híbrido seleccionado, se necesitan agrupar cuatro unidades de este modelo en serie.

Capítulo 5

Resultados.

5.1 Estructura de carga para los detectores.

En el Capítulo 2 de este documento fueron definidas las condiciones previas que deben ser consideradas para el diseño y cálculo de la estructura metálica que soportará las cargas de los detectores, además de indicar la normativa que se toma como referencia. Para el cálculo de la estructura se ha utilizado el software CYPE Ingenieros [23], dentro del que se puede seleccionar la normativa aplicable, en este caso se seleccionó la normativa española recogida en el DB-SEA [13], y realiza todas las comprobaciones pertinentes para cada una de las barras y uniones a partir del modelo diseñado para la estructura y asignando el material y el tipo de perfil seleccionado. A continuación, se mostrará el manejo del software para el cálculo de la estructura y los resultados obtenidos a partir de este.

5.1.1 Manejo del programa.

5.1.1.1 Configuración del menú obra.

En el menú 'Obra', que se encuentra en la barra de herramientas del software empleado para el cálculo de esta estructura, aparece la opción 'Normas', donde se puede seleccionar la normativa a aplicar en el cálculo para distintos materiales. Como se puede observar en la Figura 5.1, y como ya se comentó anteriormente, en esta ocasión se utilizará acero y se aplica la normativa CTE DB SE-A (normativa española).

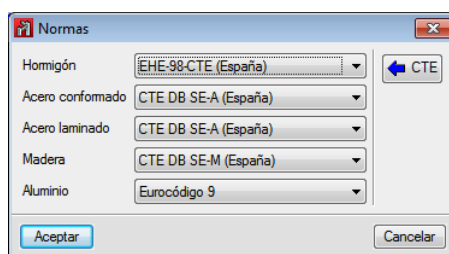


Figura 5.1: Ventana del menú Normas.

En este mismo menú, la opción 'Acciones' permite configurar si se desea realizar el cálculo aplicando comprobaciones de sismo. En la ventana mostrada en la Figura 5.2, se selecciona la normativa a aplicar, como ya se indicó, en este caso se aplica la normativa española NCSE-02. También, se pueden introducir los valores de las variables aceleración básica, coeficiente de contribución, etc... que fueron indicadas en

el Capítulo 2. En la opción 'Hipótesis Adicionales', mostrada en la Figura 5.3, se puede observar que el programa tienen en cuenta las hipotesis de peso propio de las barras de la estructura, las acciones por sismo, y se permite introducir otras acciones. En este caso se introducen como cargas muertas las acciones correspondientes a cada uno de los detectores que serán colocados en la estructura, que se muestran en la Figura 5.4. Los valores para estas acciones serán definidos más adelante, cuando se introduzcan sobre la estructura.

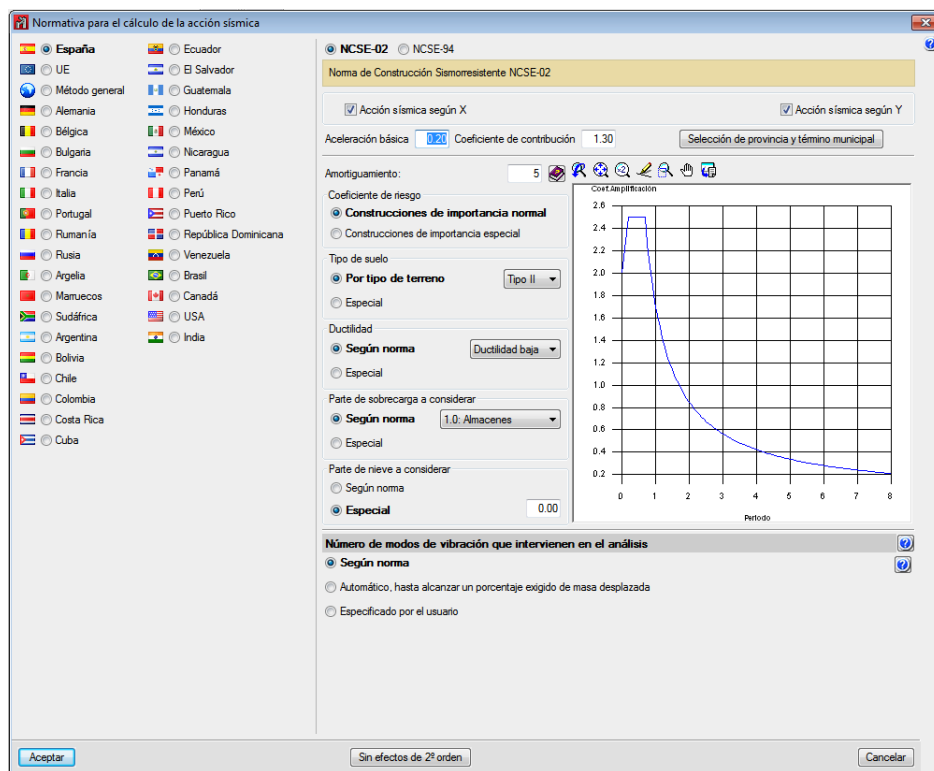


Figura 5.2: Ventana de Normativa para Cálculo de la Actividad Sísmica.

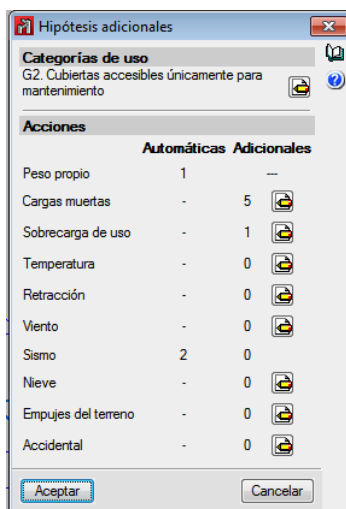


Figura 5.3: Ventana de Hipótesis Adicionales.

Otra opción destacable es 'Perfiles de acero' mostrada en la Figura 5.5, donde se podrá seleccionar el tipo de acero utilizado en el proyecto y si se requiere alguna comprobación de resistencia al fuego. En este caso, como se indicó previamente, se utilizará acero S-275, y no se tendrá en cuenta comprobaciones

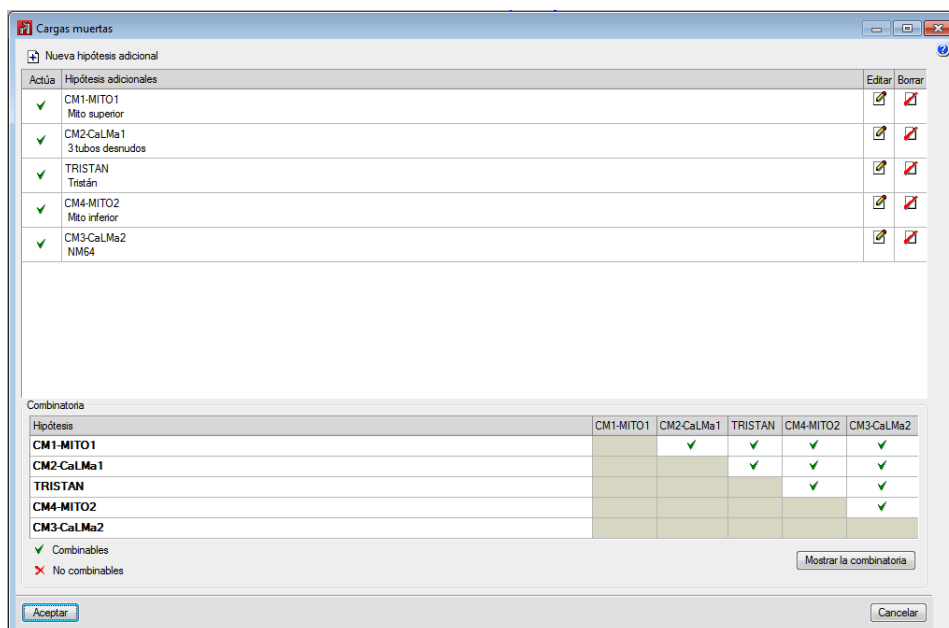


Figura 5.4: Ventana de Cargas Muertas.

de resistencia al fuego.

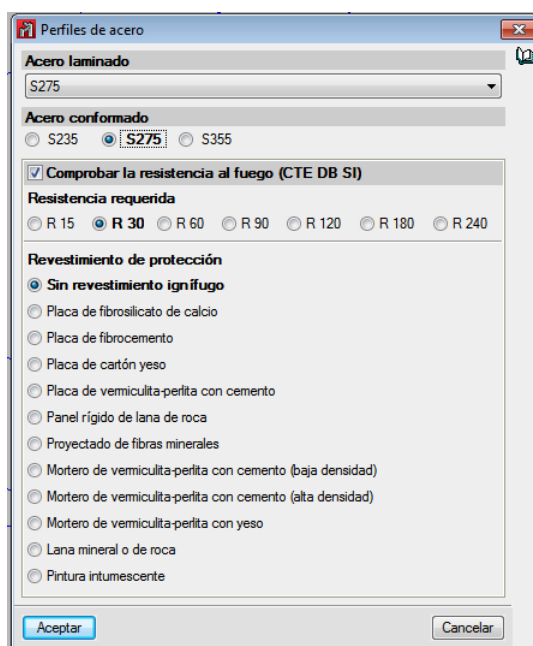


Figura 5.5: Ventana de Perfiles de Acero.

5.1.1.2 Generación de la estructura.

El siguiente paso, será generar el esquema de la estructura, lo que permite materializar el diseño, seleccionar el perfil, las dimensiones y la disposición de las barras. Dentro del menú 'Barra' en la opción 'Describir perfil', mostrada en la Figura 5.6, se puede seleccionar el perfil para cada barra entre todos los perfiles disponibles en las librerías que incorpora CYPE, incluso se permite importar librerías de perfiles o generar nuevos perfiles. En este caso, como ya se indicó se utilizan perfiles IPE100 y HEB120. Por otro lado, en cada intersección entre dos barras se generará un nudo. Para cada nudo se debe definir el tipo

de vinculación que tiene con algún elemento ajeno a la estructura (vinculación exterior) o con respecto a la propia estructura (vinculación interior). En este caso, las 'patas' de la estructura son las únicas que presentan una vinculación exterior, ya que serán atornilladas al contenedor, y el tipo de vinculación seleccionado es de empotramiento. Mientras que el resto de nudos, se consideran con vinculaciones interiores de nudos empotrados. El esquema de la estructura, donde se indican los nudos y los perfiles empleados, se muestra en la Figura 5.7.

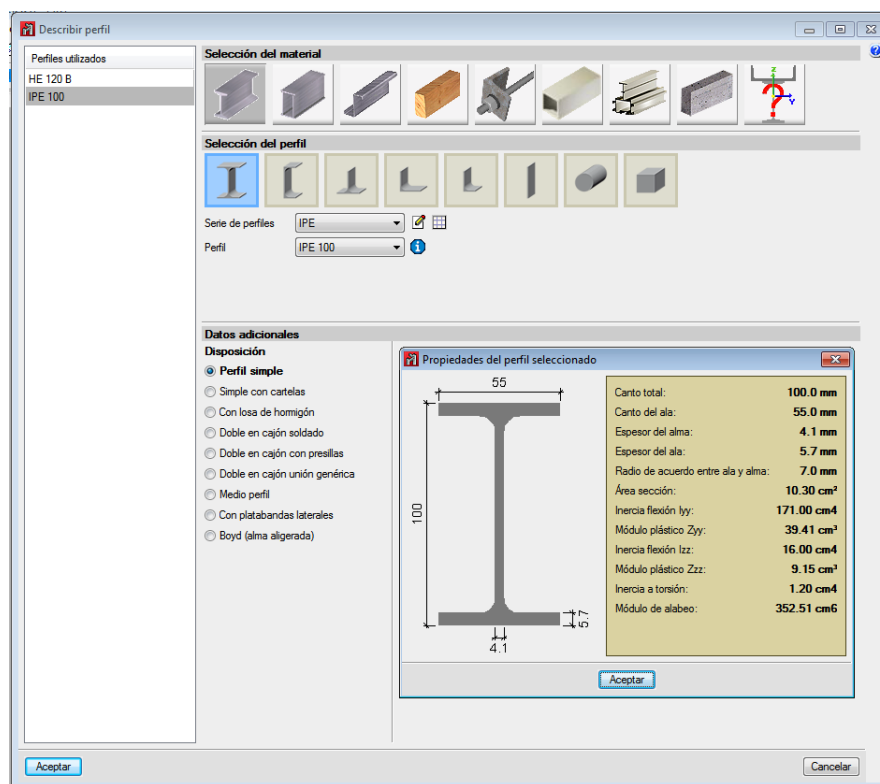


Figura 5.6: Ventana de Describir Perfil.

5.1.1.3 Introducción de las cargas.

A continuación, se introducirán las cargas correspondientes a cada uno de los detectores sobre las barras en las que se colocarán en la estructura. Para ello, en el menú 'Carga' se selecciona la opción 'Introducir paños' y se generará un paño clicando sobre las esquinas de la superficie donde se colocará cada uno de los detectores y se seleccionará la dirección de la distribución de la carga. Una vez completada esta operación, se podrá introducir el valor de la acción que actúa sobre ese paño, este valor tiene unidades de kN/m^2 , y para calcularlo se utilizan los valores de análisis de masa de los detectores realizado en el Capítulo 2, multiplicando la masa (kg) por la aceleración de la gravedad ($g = 9,81m/s^2$) y dividiendo entre el área del detector (m^2). En el caso del detector TRISTÁN, se debe considerar los tres planos que forman este instrumento, más la estructura que se incorporará sobre las barras superiores de la estructura presentada en este trabajo. Siguiendo un orden descendiente de colocación de los detectores en la estructura, a continuación se colocaría uno de los centelladores de MITO, identificado como CM1-MITO, a continuación los tres tubos contadores desnudos (CM2-CaLMa1), el 3NM64 (CM3-CaLMa2), y por último, el otro centellador de MITO, que en este caso se coloca sobre el suelo, por tanto su acción no repercute sobre la estructura. El valor de las cargas de los detectores se muestra en la Tabla 5.1, estos valores han sido sobredimensionados al ser introducidos al programa. Los paños generados y sus cargas son mostrados en la Figura 5.8 y las cargas que soporta cada barra son mostradas en la Figura 5.9.

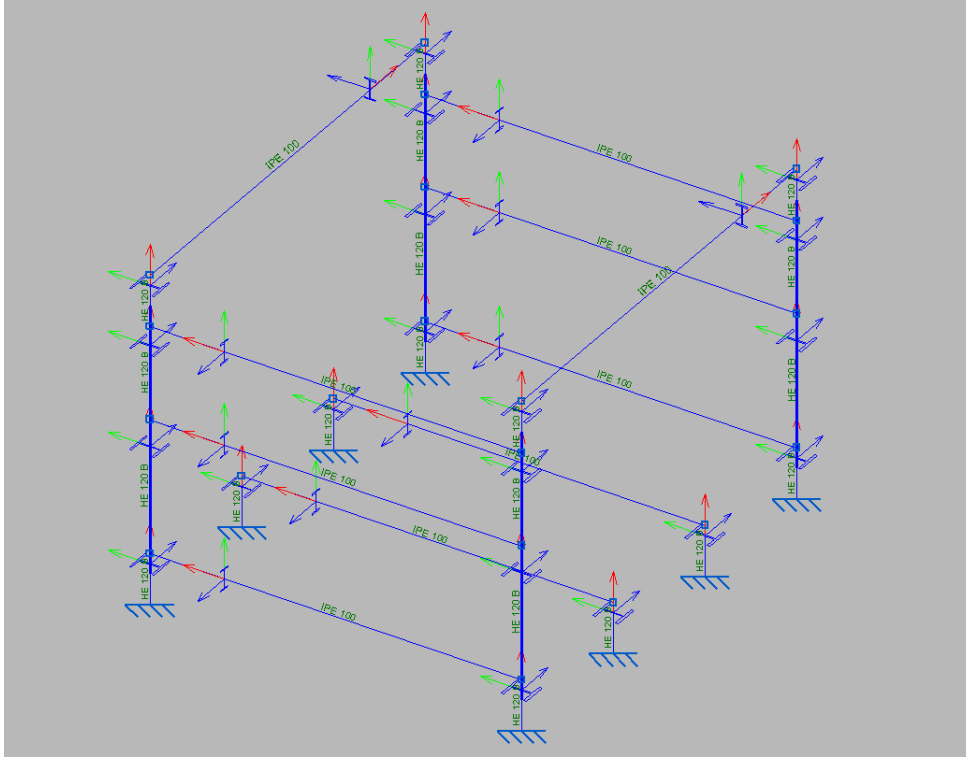


Figura 5.7: Esquema del diseño de la estructura.

Detector	Masa considerada (kg)	Valor Carga (kN/m^2)
TRISTÁN	350	1,314
CM1-MITO	82	0,290
CM2-CaLMa1	155	2,200
CM3-CaLMa2	5990	16,941

Tabla 5.1: Valores de cargas.

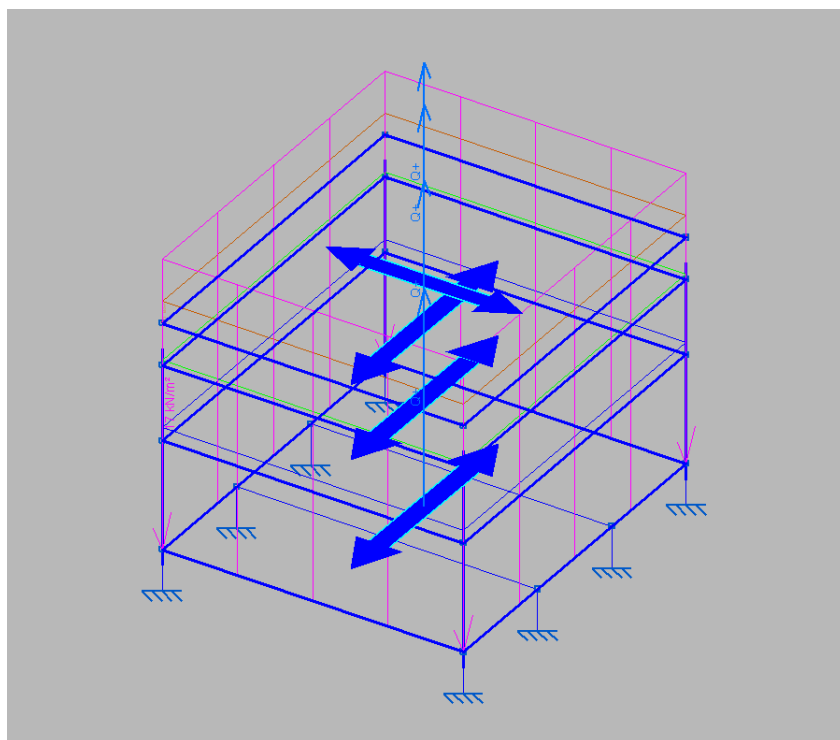


Figura 5.8: Paños y valores de carga introducidos sobre el esquema de la estructura (kN/m^2).

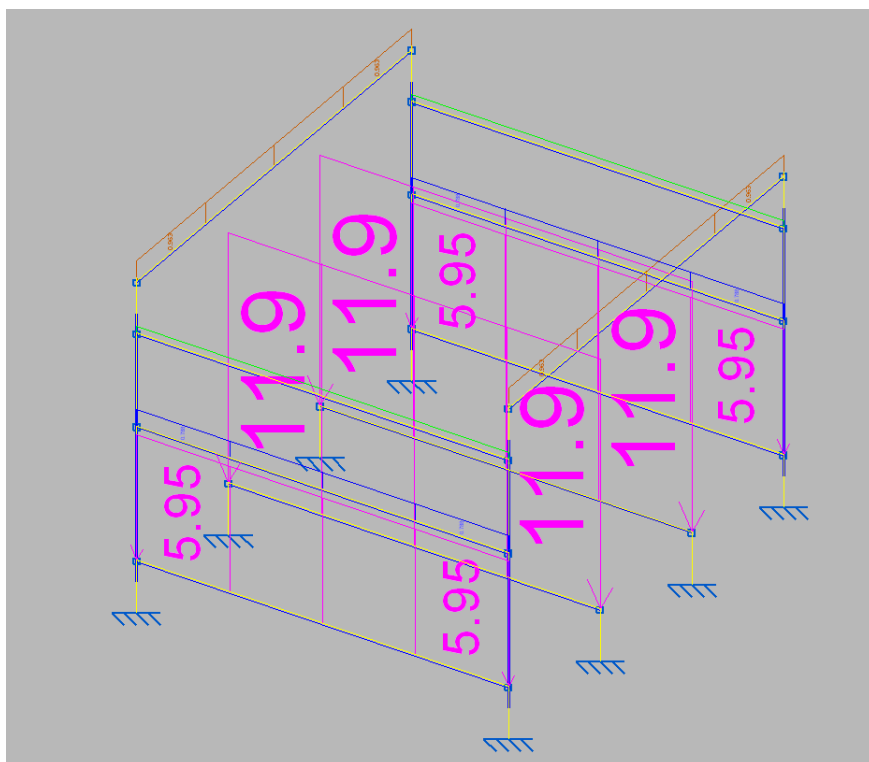


Figura 5.9: Representación de las cargas que soporta cada barra (kN/m).

5.1.1.4 Generar y editar uniones.

Una vez se ha concluido el diseño de la estructura y se han asignado los perfiles de las barras y las vinculaciones en los nudos, se puede acceder al menú 'Uniones', donde seleccionando la opción 'Generar' se identificarán, se generarán las uniones de la estructura. Es posible agrupar diferentes uniones que presentan una disposición similar en un mismo tipo de uniones, lo que facilitará las labores de edición, ya que de esta manera se podrán editar todas las uniones de un mismo tipo a la vez. Para editar las uniones, se accede a la opción 'Editar', mostrada en la Figura 5.10, donde se podrá editar una gran cantidad de parámetros, como la introducción de rigidizadores en el pilar, las dimensiones de la chapa frontal, las dimensiones de los cordones de soldadura, el tipo de tornillería a emplear, la ubicación de los pasantes para los tornillos, etc... Como se indicó anteriormente, todas las uniones de esta estructura se realizan con uniones atornilladas que permiten montar y desmontar la estructura para facilitar su transporte. El detalle de la estructura con las uniones generadas se muestra en la Figura 5.11.

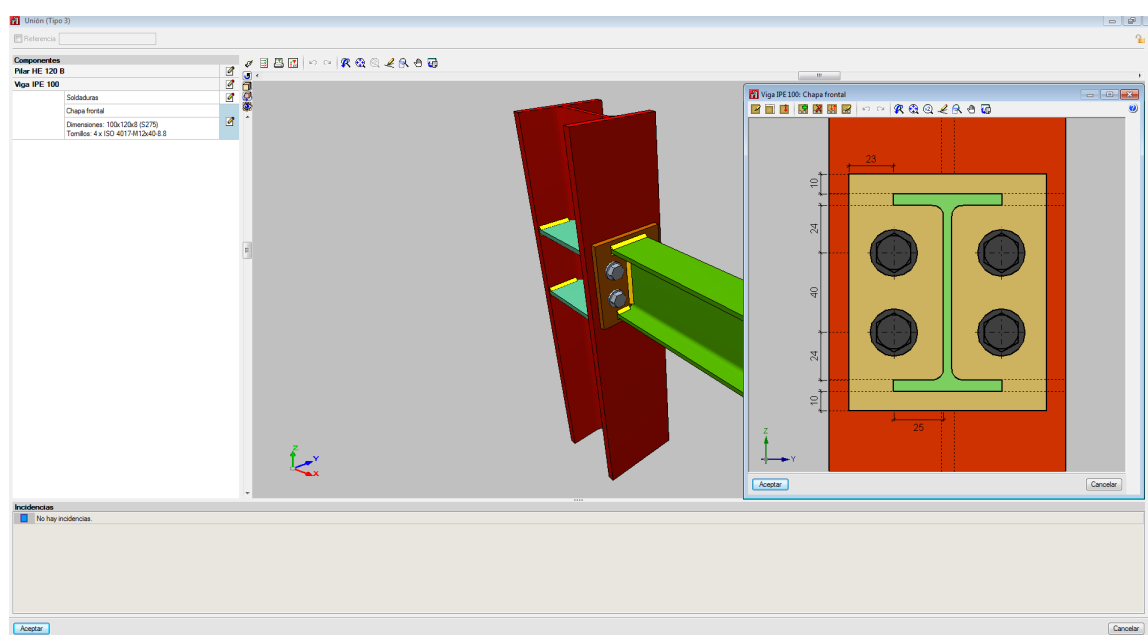


Figura 5.10: Ventana Editar Uniones.

5.1.1.5 Cálculo de la estructura.

Por último, una vez se ha realizado todos los anteriores pasos se debe calcular el conjunto de la estructura. Para ello, se accede al menú 'Cálculo' y se selecciona la opción 'Calcular', mostrado en la Figura 5.12, donde se permite configurar las características del cálculo a realizar. Por ejemplo, se puede realizar un cálculo que dimensiona automáticamente los perfiles y las uniones de la estructura. Una vez finalizado el cálculo, el programa indicará si se cumplen todas las comprobaciones, y se tendrá acceso a una gran cantidad de información sobre el comportamiento de la estructura. Por ejemplo, se podrá observar la deformada, como se muestra en la Figura 5.13.

5.1.2 Resultados de la estructura.

Una vez realizado el cálculo de la estructura y verificado que todas las comprobaciones cumplen, se genera una memoria de cálculo que, debido a su amplia extensión, se adjunta en el Capítulo Anexos C, junto los planos de la estructura y las uniones que también son generados por el software CYPE. En la memoria de

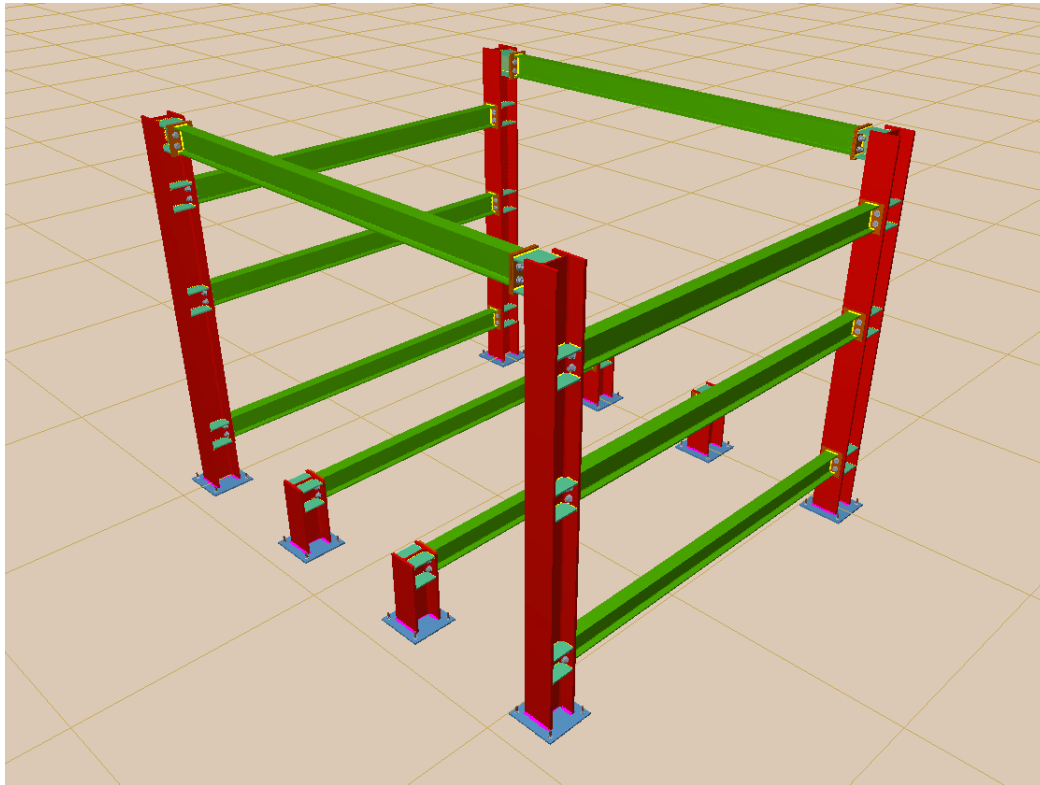


Figura 5.11: Representación de las uniones de la estructura.

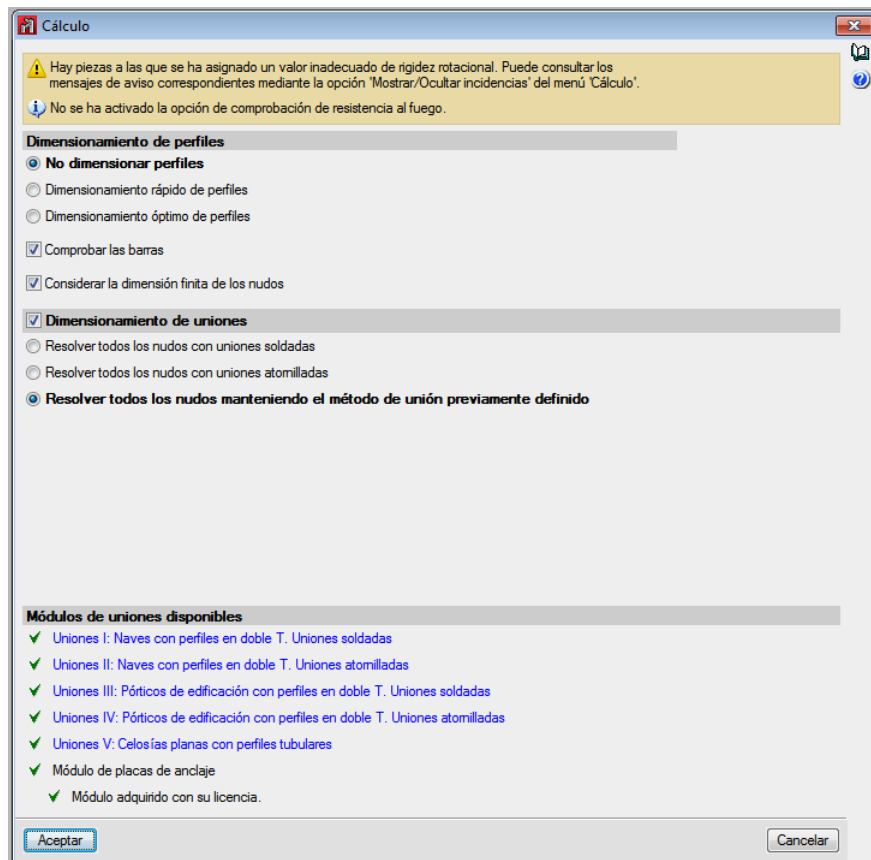


Figura 5.12: Ventana Cálculo.

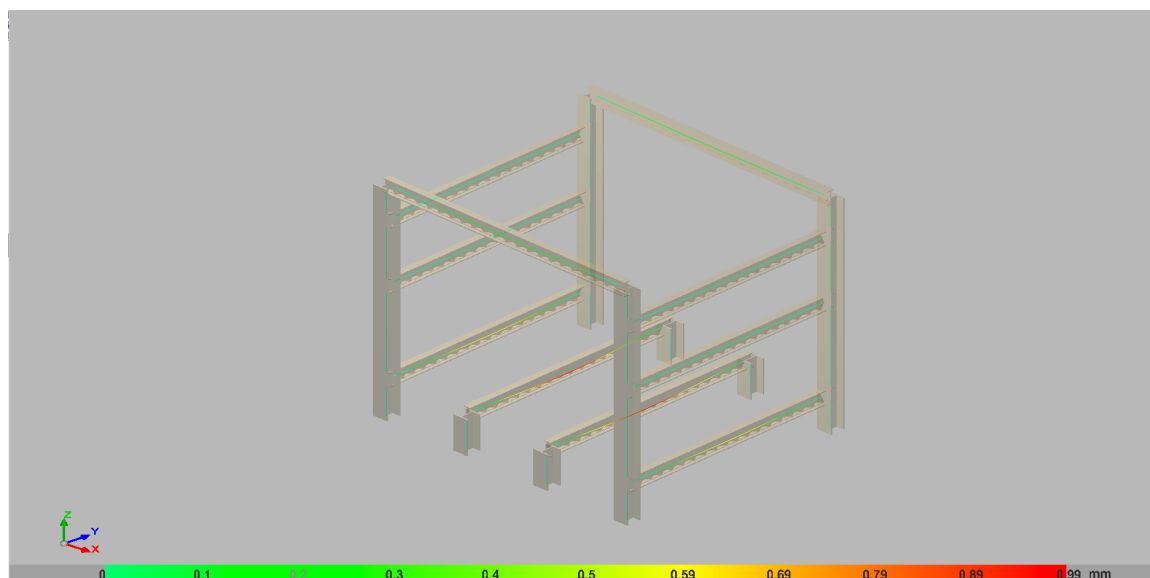


Figura 5.13: Representación de la deformada de la estructura.

cálculo se muestra información relevante como las flechas obtenidas, las comprobaciones E.L.U. para cada una de las barras iniciando las secciones de la normativa aplicados, el cálculo de resistencia frente a sismo, las especificaciones para las uniones, las comprobaciones para uno de los tipo de uniones empleados en la estructura, la medición de recursos empleados en las uniones, etc... El proyecto con todos los archivos necesarios para la realización de estos cálculos, la memoria completa y los planos de las uniones son entregados en formato digital junto con este documento y el resto de material empleado para la realización de este TFM.

5.1.3 Montaje de la estructura y elementos de fijación.

La Figura 5.14 muestra una representación tridimensional acotada de la estructura. Esta estructura ha sido diseñada para que presente un montaje sencillo y considerando el acceso de las herramientas necesarias para realizar las uniones atornilladas. Además, para evitar el movimiento de los detectores se han añadido unos elementos adicionales de fijación que consisten en una lámina de acero en la base del 3NM64 y una serie de vigas de acero en forma de T, estos elementos serán atornillados a la estructura y a los detectores. La Figura 5.15 muestra los elementos de fijación añadidos a la estructura.

Para el montaje se recomienda comenzar atornillando todas las barras del cabecero trasero de la estructura y fijándolo al suelo del contenedor. A continuación, se fijarán sobre el panel sandwich aislante del suelo los dos primeros elementos de fijación para el MITO inferior. Después, se atornillarán los dos soportes centrales de la estructura y se fijarán al suelo. Se colocará sobre este primer nivel la lámina de acero que sirve de base para el NM. Se atornilla el cabecero delantero de la estructura y se fija al suelo del contenedor, bloqueando la lámina de acero. Por último, se atornillan los travesaños superiores, sobre los que se colocará la estructura de TRISTÁN diseñada por la USC, y se acoplan el resto de vigas de fijación sobre la estructura para los tubos contadores desnudos, el MITO superior y los módulos del 3NM64. Cabe destacar que el contenedor deberá tener preaparada una fijación para atornillar los pilares de la estructura, al igual que el panel sandwich del suelo sobre los que se colocarán dos vigas de fijación.

En la Figura 5.16 se muestra la colocación final de los detectores fijados en la estructura. La Figura 5.17 muestra la estructura colocada en el interior del contenedor.

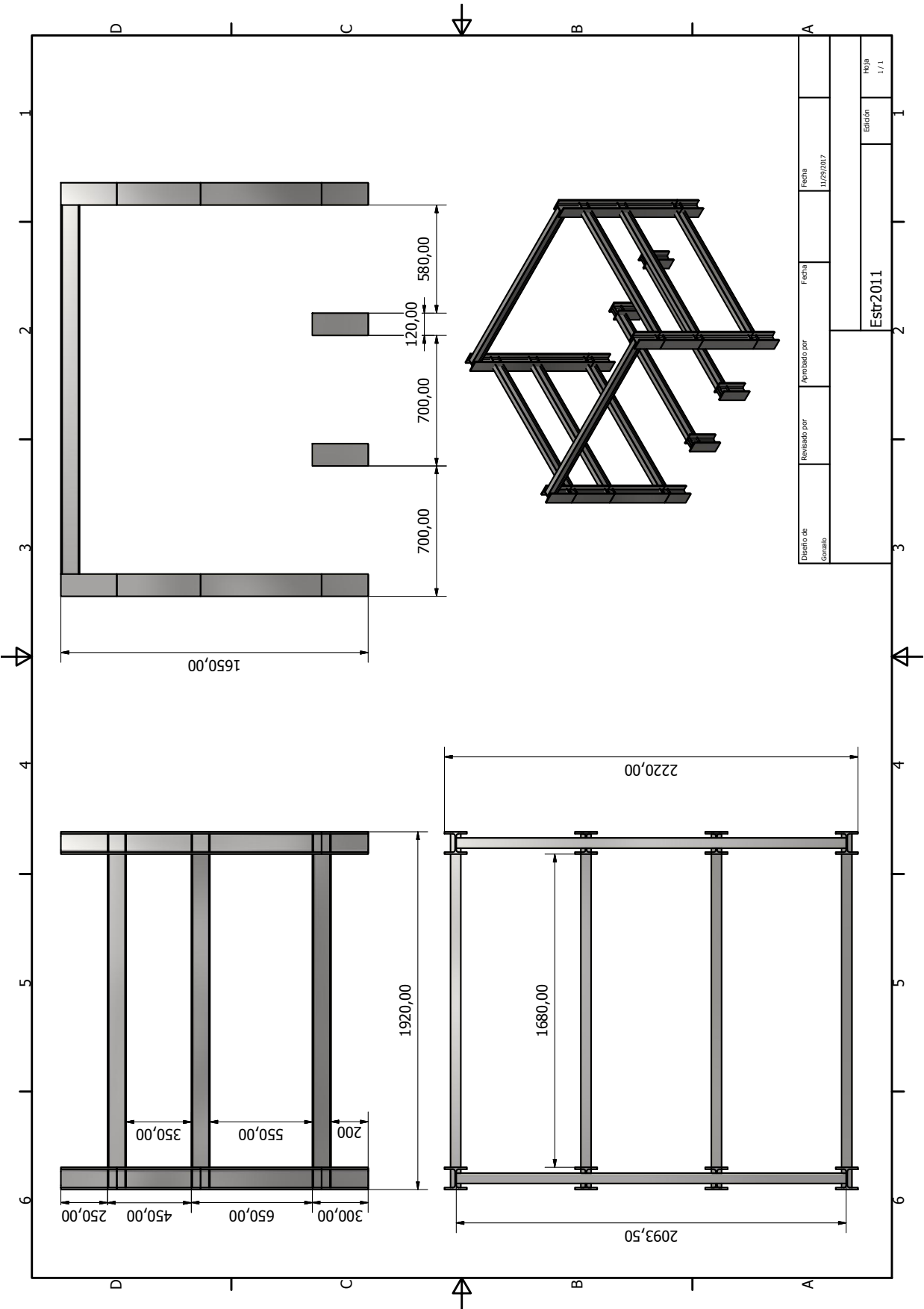


Figura 5.14: Estructura de soporte (mm).

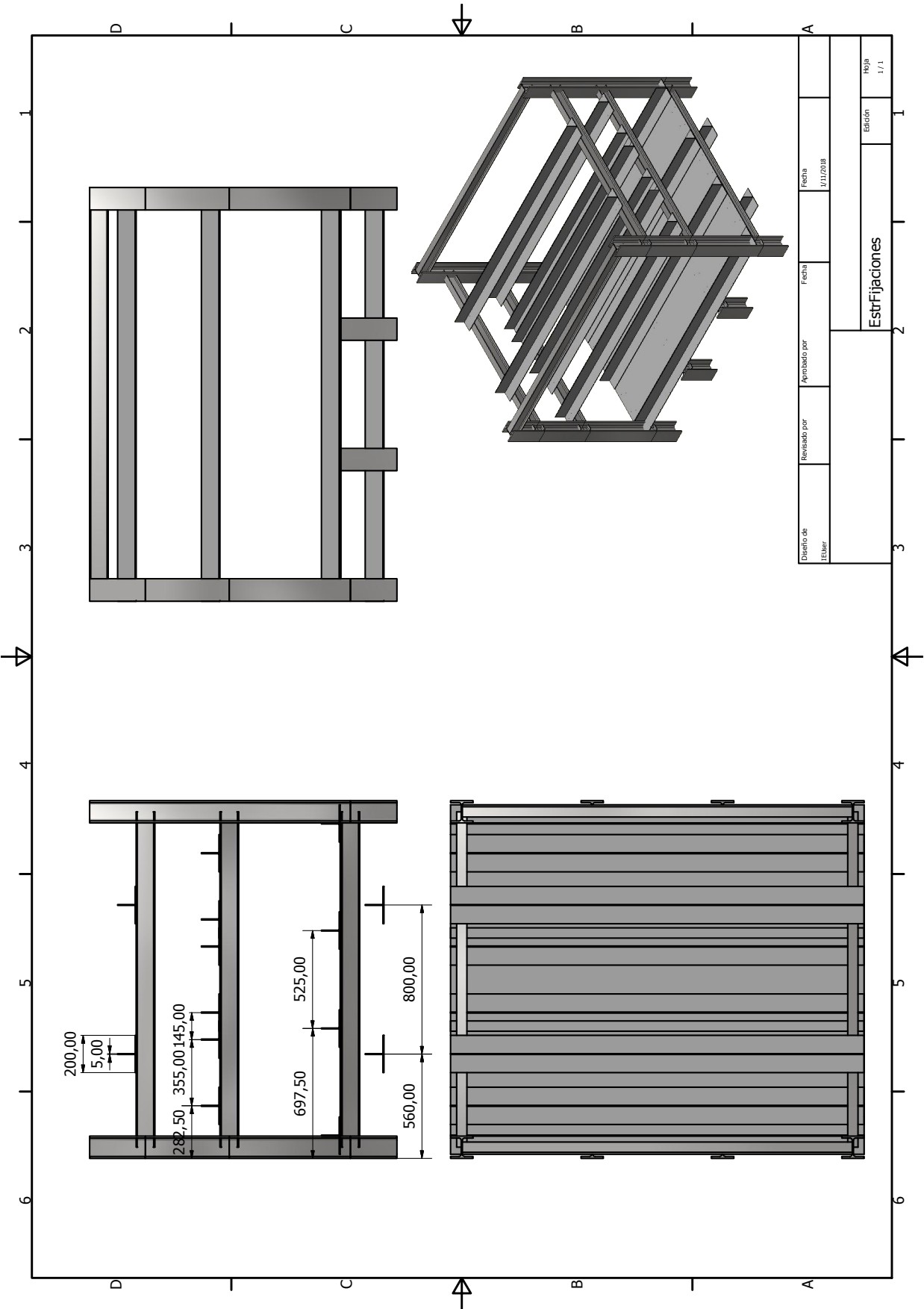


Figura 5.15: Estructura de soporte con los elementos de fijación (mm).

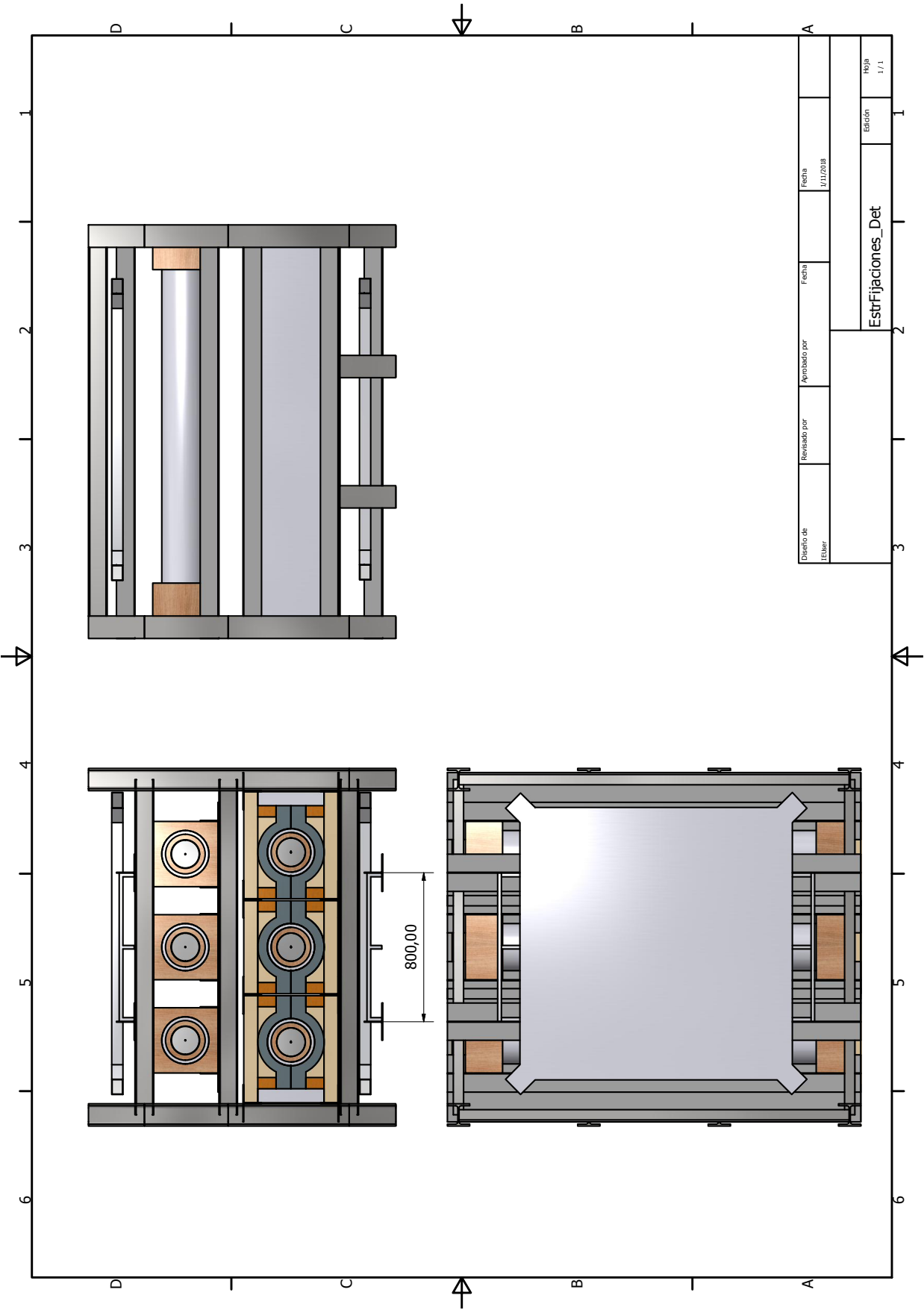


Figura 5.16: Estructura de soporte con los detectores fijados (mm).

5.2 Aislamiento y climatización.

La necesidad de aislar y climatizar el contenedor con el propósito de obtener las mejores condiciones de operación para los detectores fue expuesta en el capítulo 3. La solución planteada consiste en tomar un contenedor de transporte marítimo estándar de 20 pies y realizar sobre este las modificaciones pertinentes para conseguir los objetivos perseguidos. Por ello, se propone la fijación de paneles sándwich de poliuretano (PUR) de un grosor definido, para posteriormente realizar el cálculo de la potencia necesaria para climatizar el interior del contenedor.

En primer lugar, se calcularán los aislamientos, coeficientes de transmisión de calor y pérdidas de carga térmica con el objetivo de conocer las necesidades de climatización en el interior del contenedor y poder seleccionar los equipos de climatización adecuados. Para ello, se toma como referencia las indicaciones de la Guía Técnica para el Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos (IDAE) [15] para los cálculos de transmisión de calor cuando el contenedor se encuentre instalado en un lugar fijo, y la norma UNE-EN ISO 7547:2005/AC, embarcaciones y tecnología marina: aire acondicionado y ventilación de los alojamientos: condiciones de diseño y bases de cálculo [16], para el cálculo de transmisión de calor durante el traslado del contenedor en la embarcación. Con el objetivo de sistematizar los cálculos ante posibles modificaciones futuras, se ha generado una hoja de cálculo en la cual se pueden modificar los valores de las variables que intervienen y obtener estos resultados de una manera cómoda y rápida. Este documento se adjunta en formato digital junto con la memoria del TFM y, a continuación, se mostrarán capturas donde aparecerá la parte de la hoja de cálculo de donde se obtienen los resultados.

5.2.1 Cálculo de pérdidas en la base JCI.

Para llevar a cabo el cálculo de la pérdida de energía que se experimentará una vez el contenedor sea instalado en la base JCI, en primer lugar, se deben obtener las resistencias térmicas por conducción, los coeficientes de convección y los de radiación para las distintas paredes. Para ello seguimos las indicaciones que aparecen en los apéndices I y II de la Guía Técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos [15]. Los datos climatológicos han sido consultados en la web 'meteoblue' [24].

5.2.1.1 Cálculo de resistencias térmicas por conducción.

A continuación, se calculan las resistencias térmicas por conducción conseguidas en cada una de las paredes del contenedor gracias a las capas de aislamiento propuestas. Para las diferentes paredes del contenedor se utilizará un aislamiento con panel sándwich de poliuretano con un espesor de 70 mm, dejando entre la pared del contenedor y la capa aislante una cámara de aire de 20 mm de espesor, en la cual se dispondrán unos listones para su acople con las paredes del contenedor. El suelo del contenedor presentará un aislamiento distinto al resto de paredes, y en este caso se suprime la cámara de aire, contando con un aislamiento formado por 70 mm de panel sandwich de PUR que será colocado directamente en contacto con el suelo interno. Aplicando este aislamiento las dimensiones del contenedor resultantes se muestran en la Tabla 5.2.

Para calcular las resistencias térmicas por conducción de cada una de las paredes, se utiliza la Ecuación 3.3 en la que intervienen el espesor y la conductividad térmica, que en el caso del PUR se muestra en la Tabla 3.2. La resistencia térmica de las cámaras de aire se muestran en la Tabla 3.1. Todas estas referencias aparecen en el Capítulo 3. A continuación, se presenta el cálculo de la resistencia térmica para las distintas capas recogido en la Tabla 5.3.

Dimensiones	Exterior (m)	Interior (m)	Espesor aislante (m)	Interior aislado
Largo	6.058	5.900	0.180	5.720
Ancho	2.438	2.345	0.180	2.165
Alto	2.591	2.400	0.180	2.220

Tabla 5.2: Dimensiones del contenedor tras el aislamiento.

- Acero: El espesor del acero de un contenedor estándar es de 4 mm. El acero presenta una conductividad térmica de $\lambda = 50 \frac{W}{mK}$. Esto pone de manifiesto que la resistencia térmica de las paredes del contenedor sin aislamiento es despreciable frente a las resistencias térmicas que se puede conseguir con un correcto aislamiento. La resistencia térmica por conducción de la capa de acero es:

$$R_{acero} = 8,00 \cdot 10^{-5} \frac{m^2 K}{W}$$

- Poliuretano: La capa de poliuretano que se utilizará contará con un grosor de 70 mm y su conductividad térmica es de $\lambda = 0,025 \frac{W}{mK}$, obteniendo una resistencia térmica:

$$R_{PUR} = 2,80 \frac{m^2 K}{W}$$

- La cámara de aire con un espesor de 20 mm presenta una resistencia térmica de:

$$R_{aire} = 0,16 \frac{m^2 K}{W}$$

Material	Densidad (kg/m^3)	Conduct. (W/mK)	Espesor (m)	Resistencia ($m^2 K/W$)
Acero	7800	50.000	0.004	$8 \cdot 10^{-5}$
Poliuretano (PUR)	40	0.025	0.070	2.800
Aire	-	-	0.020	0.160

Tabla 5.3: Cálculo de las resistencias térmicas.

Por tanto, para el techo y las paredes laterales la resistencia térmica total por conducción será:

$$R_{pared} = 2,96 \frac{m^2 K}{W}$$

En el caso del suelo, el aislamiento no presentara una cámara de aire. Esta capa también tiene la peculiaridad de generar puentes térmicos al poner en contacto el acero del contenedor con la estructura de soporte de los detectores, por tanto su resistencia térmica es inferior a la del resto de paredes. Esto se considera aplicando un factor de corrección del 0.8 a la capa de PUR, resultando una resistencia térmica de:

$$R_{suelo} = 2,24 \frac{m^2 K}{W}$$

5.2.1.2 Coeficientes de convección

Para la estimación del coeficiente de convección, siempre se debe descubrir en primer lugar el régimen de circulación (laminar o turbulento), ya que las correlaciones a utilizar son diferentes. En todas las correlaciones se obtiene el coeficiente de convección cuyas unidades son $\frac{W}{m^2 K}$.

- Paredes interiores verticales: En este caso el régimen de circulación viene dado en función del parámetro $H^3 \Delta T$, donde H es la altura de la pared (m) y ΔT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire interior. Si este parámetro es inferior a $10 \text{ m}^3\text{C}$ el régimen de circulación a considerar será régimen laminar, y el coeficiente de convección de calculará con la Ecuación 5.1.

$$h_{conv} = 1,32 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad (5.1)$$

Mientras que si el parámetro es superior a $10 \text{ m}^3\text{C}$ será considerado régimen turbulento, calculándose el coeficiente de el convección según la Ecuación 5.2.

$$h_{conv} = 1,74 \sqrt[3]{\Delta T} \quad (5.2)$$

Como la altura del contenedor (H) es de 2,4 m, y el ΔT normalmente será superior a 1°C el régimen considerado será turbulento. Por tanto, el coeficiente de convección para un $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ será de $2,975 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

- Paredes interiores horizontales: En este caso, el régimen de circulación se calcula de igual manera que en el anterior siendo H la anchura de la pared horizontal. Si el parámetro es inferior a $10 \text{ m}^3\text{C}$ el régimen de circulación a considerar será régimen laminar, y el coeficiente de convección de calculará con la Ecuación 5.1. Mientras que si el parámetro es superior a $10 \text{ m}^3\text{C}$ será considerado régimen turbulento, calculándose el coeficiente de convección según Ecuación 5.3.

$$h_{conv} = 1,52 \sqrt[3]{\Delta T} \quad (5.3)$$

Como la anchura del contenedor (H) es de unos 2,3 m, y el ΔT normalmente será superior a 1°C el régimen considerado será el turbulento. Por tanto, el coeficiente de convección para un $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ será de $2,599 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

- Paredes Exteriores: El régimen de circulación viene dado por el parámetro νH siendo ν la velocidad del viento y H el alto de las paredes verticales y el ancho de las paredes horizontales. Si este parámetro es inferior a $8 \text{ m}^2/\text{s}$ se considerará régimen laminar y se calculará mediante la Ecuación 5.4. Mientras que si es superior, se calculará según la Ecuación 5.5.

$$h_{conv} = 3,96 \sqrt[4]{\frac{\nu}{H}} \quad (5.4)$$

$$h_{conv} = 5,76 \sqrt[5]{\frac{\nu^4}{H}} \quad (5.5)$$

La velocidad del viento en la isla Livingston puede presentar valores altos superiores a 17 m/s, siendo la velocidad media anual de en torno a 9 m/s. Por lo general, los vientos suele presentar velocidades superiores a los 3 m/s, por tanto se puede considerar que el régimen predominante será el turbulento. Utilizando la velocidad del aire promedio (9 m/s), los coeficientes de convección para paredes exteriores serán de $27,614 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ en caso de pared vertical y de $27,952 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ en caso de pared horizontal.

La Tabla 5.4 muestra los coeficientes de convección obtenidos.

Coeficiente	Vertical ($\frac{W}{m^2K}$)	Horizontal ($\frac{W}{m^2K}$)
Convección interior	2,975	2,599
Convección exterior	27,614	27,952

Tabla 5.4: Coeficientes de convección.

5.2.1.3 Coeficientes de radiación

Para los cálculos del coeficiente de radiación, siguiendo las indicaciones del Capítulo 3, se toma un coeficiente de emisividad de 0,05 para la superficie de aluminio del contenedor y una temperatura de -5°C para la superficie exterior y -15°C para el aire. Aplicando estos valores a la Ecuación 3.10 se obtiene el coeficiente de radiación de las paredes del contenedor, resultando un coeficiente de radiación para la superficie de $h_{rad} = 0,207 \frac{W}{m^2K}$. Este coeficiente de radiación se muestra en la Tabla 5.5.

Coeficiente	Acero ($\frac{W}{m^2K}$)
Radiación	0,207

Tabla 5.5: Coeficientes de radiación.

5.2.1.4 Coeficientes de convección radiación

Los coeficientes de radiación-convección se obtienen sumando las aportaciones de cada uno de los coeficientes de convección exteriores y el coeficiente de radiación según el tipo de pared (vertical u horizontal). Los coeficientes de radiación-convección se muestran en la Tabla 5.6.

Coeficiente	Vertical ($\frac{W}{m^2K}$)	Horizontal ($\frac{W}{m^2K}$)
Convección-Radiación Acero	27,820	28,159

Tabla 5.6: Coeficientes de convección-radiación.

5.2.1.5 Coeficientes de transmisión térmica global

Una vez se disponen de todos los coeficientes necesarios, se procede a calcular el coeficiente de transmisión térmica global de cada pared, aplicando la Ecuación 3.13 anteriormente expuesta que permite resumir la contribución de diferentes capas de material. A continuación, se calculará para cada capa la cantidad de potencia perdida en el intercambio de calor, utilizando las dimensiones del contenedor y la diferencia de temperaturas entre las capas en la Ecuación 5.6.

$$q_{capa} = U_{capa} \cdot A_{capa} \cdot \Delta T [W] \quad (5.6)$$

1. Capa superior:

Transferencia de calor:

$$U_{techo} = 0,296 \frac{W}{m^2K}$$

Calor intercambiado:

$$q_{techo} = 109,2W$$

2. Paredes laterales:

Transferencia de calor:

$$U_{techo} = 0,299 \frac{W}{m^2 K}$$

Calor intercambiado:

$$q_{laterales} = 329,3W$$

3. Suelo:

Transferencia de calor:

$$U_{techo} = 0,376 \frac{W}{m^2 K}$$

Calor intercambiado:

$$q_{suelo} = 138,8W$$

4. Total: El intercambio de energía calorífica con este sistema de aislamiento, aplicando un rendimiento del aislamiento del 80 % supone un total de 721,7W.

5.2.2 Cálculo de pérdidas a bordo del Hespérides

En este caso, se aplica la Ecuación 3.14 de pérdidas de carga térmica que nos aporta la norma UNE-EN ISO 7547:2005/AC, embarcaciones y tecnología marina: aire acondicionado y ventilación de los alojamientos: condiciones de diseño y bases de cálculo.

- Capa Superior y Laterales:

$$\frac{1}{U} = 2,179 \frac{m^2 K}{W}$$

- Suelo: Como se explicó anteriormente, esta capa no presenta cámara de aire y se tienen en cuenta los puentes térmicos que puedan ocasionarse por el anclaje de la estructura de soporte aplicando un factor de 0.8 sobre el valor de la resistencia térmica.

$$\frac{1}{U} = 2,004 \frac{m^2 K}{W}$$

A continuación, calculamos las pérdidas de carga multiplicando por la superficie de cada pared y por el incremento de temperatura entre capas. Obteniendo:

- Capa superior: $Q = 169,457W$
- Capas laterales: $Q = 505,135W$
- Suelo: $Q = 184,228W$
- Total, aplicando un 80 % de pérdidas: $Q_T = 1073,525W$

5.2.3 Selección del equipo climatizador

El equipo climatizador seleccionado debe operar tanto en fase de pruebas en las instalaciones del campus científico y tecnológico de la UAH donde se esperan temperaturas de 0 °C a 30 °C, como en su instalación definitiva en la base JCI antártica con unas temperaturas entre -15 °C a 5 °C. Por ello, el equipo debe ser capaz de operar en estas condiciones. Por otra parte, el cálculo de pérdidas térmicas anterior debe mayorarse con un factor del 110 % a la hora de seleccionar la potencia del equipo a instalar. También, se

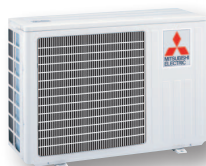
debe tener en cuenta las horas diarias operativas del equipo, y en caso de que este no opere las 24 horas del día, calcular la potencia del equipo necesario en función de las horas operativas.

En el mercado hay soluciones que ofrecen la capacidad de climatización necesaria y presentan un consumo eléctrico nominal de $0,77kW$, con coeficientes energéticos de 4,64 EER o 4,42 COP, y operan a sus capacidades nominales hasta temperaturas de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. A partir de estas bajas temperaturas, se podría recurrir al uso de convectores térmicos para realizar la climatización interior en los períodos de temperaturas más bajas. El equipo seleccionado es el modelo MFZ-KJ25VE de la marca Mitsubishi, aunque puede ser sustituido por otro similar, cuyas características técnicas aparecen a continuación. La Figura 5.18 muestra el contenedor aislado y la unidad interior y la exterior del equipo de climatización instalado. La ficha técnica del equipo de climatización se adjunta en la sección Anexos B.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



MFZ-KJ25/35/50VE



MUFZ-KJ25/35VE



MUFZ-KJ50VE



MODELO			MFZ-KJ25VE	MFZ-KJ35VE	MFZ-KJ50VE
Unidad interior			MFZ-KJ25VE	MFZ-KJ35VE	MFZ-KJ50VE
Unidad exterior			MUFZ-KJ25VE	MUFZ-KJ35VE	MUFZ-KJ50VE
Capacidad	Frío Nominal (Min-Máx)	kW	2,5 (0,5-3,4)	3,5 (0,5-3,7)	5 (1,6 - 5,7)
	Calor Nominal (Min-Máx)	kW	3,4 (1,2-4,6)	4,3 (1,2-5,5)	6 (2,2 - 8,2)
Consumo Nominal	Frío	kW	0,54	0,94	1,410
	Calor	kW	0,77	1,1	1,61
Coeficiente energético	EER / COP		4,63 / 4,42	3,72 / 3,91	3,55 / 3,73
	SEER (Rango)		8,5 (A+++)	8,1 (A++)	6,5 (A++)
	SCOP (Rango)* Zona climática intermedia		4,5 (A+)	4,4 (A+)	4,3 (A+)
	SCOP (Rango)* Zona climática cálida		5,1 (A+++)	5,3 (A+++)	5,8 (A+++)
Unidad Interior	Caudal de aire (Silent/Baja/Media/Alta/Máx)	m³/Min	3,9 / 4,9 / 5,9 / 7,1 / 8,2	3,9 / 4,9 / 5,9 / 7,1 / 8,2	5,6 / 6,7 / 8,0 / 9,3 / 10,6
	Nivel sonoro (Silent/Baja/Media/Alta/Máx)	dB(A)	20 / 25 / 30 / 35 / 39	20 / 25 / 30 / 35 / 39	27 / 31 / 35 / 39 / 44
	Potencia sonora	dB(A)	49	50	56
	Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	mm	600 x 750 x 215	600 x 750 x 215	600 x 750 x 215
	Peso	kg	15	15	15
Unidad Exterior	Caudal de aire	m³/Min	31,3	31,3	45,8
	Nivel sonoro	dB(A)	46	47	49
	Potencia sonora	dB(A)	59	60	63
	Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	mm	550 x 800 x 285	550 x 800 x 285	880 X 840 X 330
	Peso	kg	37	37	55
Tensión - Intensidad Máxima		A	9,4	9,4	14
Diámetro de tuberías líquido/gas		mm	6,35 / 9,52	6,35 / 9,52	6,35 / 12,7
Long. Máx. tubería vertical/total		m	12 / 20	12 / 20	15 / 30

* Rendimiento estacional según directiva ErP



Nuestros equipos de aire acondicionado y bombas de calor contienen los gases fluorados de efecto invernadero R410A, R407C y R134a.

Mitsubishi Electric Europe, B.V.

Sucursal en España
Ctra. de Rubí, 76-80 Apdo. 420
E-08174 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)
Tel. 902 400 744
www.mitsubishielectric.es



for a greener tomorrow

ECO Changes es la declaración medioambiental de Mitsubishi Electric, y expresa la posición del Grupo sobre la gestión medioambiental. A través de una amplia gama de negocios, Mitsubishi Electric contribuye a la consecución de una sociedad sostenible.



Edición 7°15
11000MFZKJ2013



En **Mitsubishi Electric** queremos colaborar con usted para preservar el **medio ambiente**. Por eso, le recomendamos que cuando este folleto ya no le sea útil, lo deposite en un contenedor de papel para reciclar



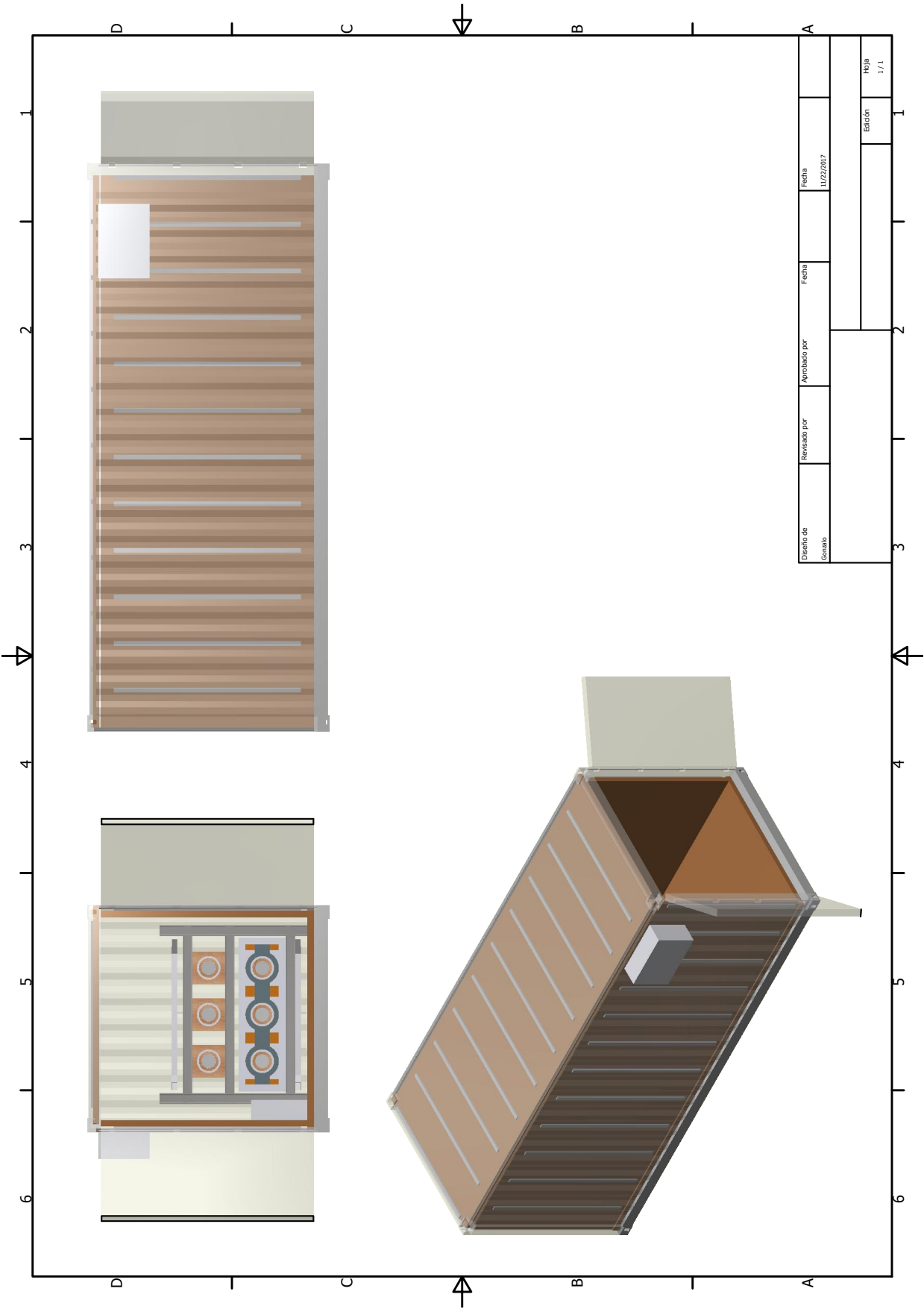


Figura 5.18: Contenedor aislado y con el equipo de climatización instalado.

Dimensiones	Exterior (m)	Interior (m)	Espesor (m)	Interior Climatizado	<div> <div> <div>Peso Máx: 28.240 kg</div> <div>Tarz: 2.250 kg</div> <div>Carga: 25.990 kg</div> <div>Volumen: 33,3 m³</div> </div> <div> <div>20 PES</div> <div>Interior</div> <div>Exterior</div> <div>Largo 5.900 mm 6.058 mm</div> <div>Ancho 2.345 mm 2.438 mm</div> <div>Alto 2.400 mm 2.591 mm</div> </div> <div> <div>40 PES</div> <div>Interior</div> <div>Exterior</div> <div>Largo 12.000 mm 12.192 mm</div> <div>Ancho 2.345 mm 2.438 mm</div> <div>Alto 2.400 mm 2.591 mm</div> </div> </div>
	Exterior (m)	Interior (m)	Espesor (m)	W/m²K	
	6,058	5,900	0,18	2,800	
	2,438	2,345	0,18	2,165	
	2,591	2,400	0,18	2,220	
Materiales	Densidad (kg/m³)	Conductividad (W/mK)	Espesor (m)	W/m²K	<div> <div>2330 mm</div> <div>2260 mm</div> </div>
	Polietileno	40	0,025	0,357	
Temperatura	Acero	7800	50	0,004	<div> <div>2330 mm</div> <div>2260 mm</div> </div>
	Aire	Exterior	AT	0,020	
Máxima	Interior	5	-20	25	<div> <div>2330 mm</div> <div>2260 mm</div> </div>
	Máxima	5	30	-25	
Aislamiento					<div> <div>40 ± 1 kg /pa</div> <div>0,1 N/mm²</div> </div>
Techos	R (m²·K/W)	alpha	mu	1/U	
Polietileno	2,800	8,000	2,179	0,459	
Acero	0,000	80,000	1,450		
Cámara de aire	0,16				
Mamparos					<div> <div>40 ± 1 kg /pa</div> <div>0,1 N/mm²</div> </div>
R (m²·K/W)	alpha	mu	1/U		
Polietileno	2,800	8,000	2,179	0,459	
Acero	0,000	80,000	1,450		
Cámara de aire	0,16				
Suelo					<div> <div>40 ± 1 kg /pa</div> <div>0,1 N/mm²</div> </div>
R (m²·K/W)	alpha	mu	1/U		
Polietileno	2,240	8,000	2,004	0,499	
Acero	0,000	80,000	1,200		
Transmisión de calor					<div> <div>40 ± 1 kg /pa</div> <div>0,1 N/mm²</div> </div>
AT	U	A (m²)	Pérdida Térmica(W)		
Techo	25	0,459	14,769	169,457	
MamparosLargos	25	0,459	15,696	360,182	
MamparosCortos	25	0,459	6,317	144,953	
Suelo	25	0,499	14,769	184,228	
TOTAL				858,820	
Pérdida TOTAL			80%	1073,525	

Figura 5.20: Hoja de cálculo de pérdidas térmicas a bordo del buque Hespérides.

5.3 Instalación Eléctrica

En el Capítulo 4 de este documento se plantea la implementación de un sistema de generación fotovoltaica para cubrir la demanda energética de ORCA, y la incorporación de unas baterías para mantener operativos los detectores durante cortes de suministro. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado teniendo en cuenta el consumo de los distintos dispositivos incorporados y el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica empleada (potencia instalada en paneles solares, capacidad de baterías, etc). Para ello, se ha generado una hoja de cálculo que permite extraer resultados de manera cómoda y rápida, y fácilmente modificable, por ejemplo, en el caso de que se quiera conocer el comportamiento de la instalación eléctrica si se incluye o se prescinde de alguno de los dispositivos de consumo, o si cambian las condiciones climáticas del entorno. Este fichero se entrega en formato digital junto al resto de documentos del TFM.

5.3.1 Consumo esperado en ORCA

En primer lugar, se debe conocer el consumo del conjunto de dispositivos de ORCA. Esto se puede conseguir a partir de los consumos nominales mostrados anteriormente y el número de horas que se espera que operen cada día. Estos datos se muestran en la Tabla 5.7. Estos cálculos arrojan un consumo estimado de $16327Wh/día$, al que se aplica un factor de pérdidas causadas por la instalación del 75 %, obteniendo una estimación del consumo real de $21770Wh/día$. El consumo puede ser recalculado ante cualquier modificación del sistema planteado por medio del uso de la hoja de cálculo que se adjunta con la entrega de este TFM.

Equipo	Subequipo	Alimentación (V)	Consumo (Wh/día)
CaLMa-A-NM	Preamplificadores	12 DC	13
CaLMa-A-NM	Polarización	-2800 DC	240
CaLMa-A-NM	OAS $V_{in,1}$	12 DC	144
CaLMa-A-NM	OAS $V_{in,1}$	5 DC	48
CaLMa-A-MITO	Electrónica	12 DC	240
CaLMa-A-MITO	Electrónica	5 DC	360
TRISTAN	Alimentación	220 AC	2160
TRISTAN	S. Adquisición	220 AC	3600
Sensores	Barómetro	12 DC	42
Comunicaciones	ORCA-Radio	5 DC	120
Comunicaciones	HUB Ethernet	12 DC	120
Climatización	Equipo	220 AC	9240
Total			16327
Total+Pérdidas			21770

Tabla 5.7: Consumos esperados de los dispositivos en ORCA.

5.3.2 Radiación Solar Disponible

Para conocer la radiación solar que recibirán las células fotovoltaicas una vez ORCA se encuentre ubicado en la base JCI se suelen utilizar tablas con observaciones anteriores y estimaciones de la zona. En este caso, se ha utilizado la aplicación online PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) [25], que permite realizar una estimación bastante detallada sobre la previsión de generación y radiación recogida por los paneles solares en función de su ubicación y orientación entre otras variables. Al no estar disponible la ubicación de la isla Livingston, donde se encuentra la base JCI con una ubicación

	HSP (horas)
Mejor de los casos	4.12
Peor de los casos	0.51
Media anual	2.58

Tabla 5.8: Número de HSP.

62°39'46"S 60°23'20"E, se utiliza como referencia la localidad Sueca de Sundsvall, con una ubicación 62°24'N 17°19'E. En estas dos ubicaciones, al presentar una latitud muy aproximada, se esperan unas condiciones de luminosidad similares. Las previsiones obtenidas con la aplicación PVGIS para Sundsvall se muestran en la Imagen 5.21. Se han calculado para una orientación de los paneles hacia el norte, y una inclinación de 80° con respecto al plano del suelo. Esta inclinación en los paneles permite el aprovechamiento óptimo de la energía solar y evita la acumulación de nieve en los paneles solares. Por tanto, esta configuración debe ser respetada a la hora de instalar los paneles solares en la ubicación definitiva. Si la colocación de los paneles debe ser modificada, esta simulación debe ser modificada con los nuevos datos de orientación y serán actualizados en la hoja de cálculo adjunta. En este caso, se obtiene el número de Horas de Sol Pico (HSP) en cada uno de los meses a partir del valor de H_d , sabiendo que una HSP es equivalente a 1 kW/m^2 , obteniendo las HSP que se muestran en la Tabla 5.8.

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 62°24'50" North, 17°17'32" East, Elevation: 116 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1.6 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%

Other losses (cables, inverter etc.): 16.0%

Combined PV system losses: 27.4%

Fixed system: inclination=80°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.11	34.5	0.84	25.9
Feb	2.65	74.2	2.13	59.5
Mar	3.58	111	3.02	93.5
Apr	4.30	129	3.79	114
May	4.58	142	4.12	128
Jun	4.28	129	3.95	118
Jul	4.05	126	3.79	118
Aug	3.53	109	3.25	101
Sep	3.02	90.6	2.66	79.7
Oct	2.20	68.3	1.86	57.6
Nov	1.34	40.2	1.08	32.5
Dec	0.67	20.7	0.51	15.8
Yearly average	2.94	89.5	2.58	78.5
Total for year		1070		943

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

Figura 5.21: Simulación condiciones de radiación.

5.3.3 Cálculo de la energía generada en los paneles solares

La energía generada por los paneles solares puede ser calculada por medio de la Ecuación 5.7. Como se comentó anteriormente, la instalación cuenta con 5 paneles solares con una potencia de 315 W y se aplicará un rendimiento del 80 %. Utilizando las HSP obtenidas en el apartado anterior se puede conocer la energía que es capaz de generar el sistema fotovoltaico, estos resultados son mostrados en la Tabla 5.9.

$$Energía(Wh/día) = n_{paneles} \cdot Potencia_{panel}(W) \cdot HSP(h/día) \cdot rendimiento \quad (5.7)$$

	Energía (Wh/día)
Mejor de los casos	5191.20
Peor de los casos	642.60
Media anual	3250.80

Tabla 5.9: Energía producida por los paneles.

5.3.4 Autonomía de las baterías

La autonomía de las baterías de la instalación es un término que hace referencia al período de tiempo que las baterías pueden mantener el suministro energético de la instalación sin ninguna aportación desde los paneles solares o desde la red externa. Para calcular la autonomía, son necesarios algunos parámetros, que son conocidos al seleccionar los modelos de las baterías que se utilizarán en la instalación eléctrica de ORCA, y que se recogen en la Tabla 5.10. Una vez se disponen de estos datos, es posible realizar el cálculo de la autonomía, aplicando la Ecuación 5.8. Obteniéndose una autonomía para las baterías de 8,73 horas, para su correcto funcionamiento evitando agotar su profundidad de descarga al completo, lo que reduciría su vida útil.

Baterías	
Capacidad (Ah)	550
Profundidad	60 %
Tensión (V)	24

Tabla 5.10: Parámetros de las baterías necesarios para el cálculo de la autonomía.

$$Autonomía(h) = \frac{Capacidad(Ah) \cdot Tensión(v) \cdot Profundidad}{Consumo(Wh/día)} \cdot 24h/día \quad (5.8)$$

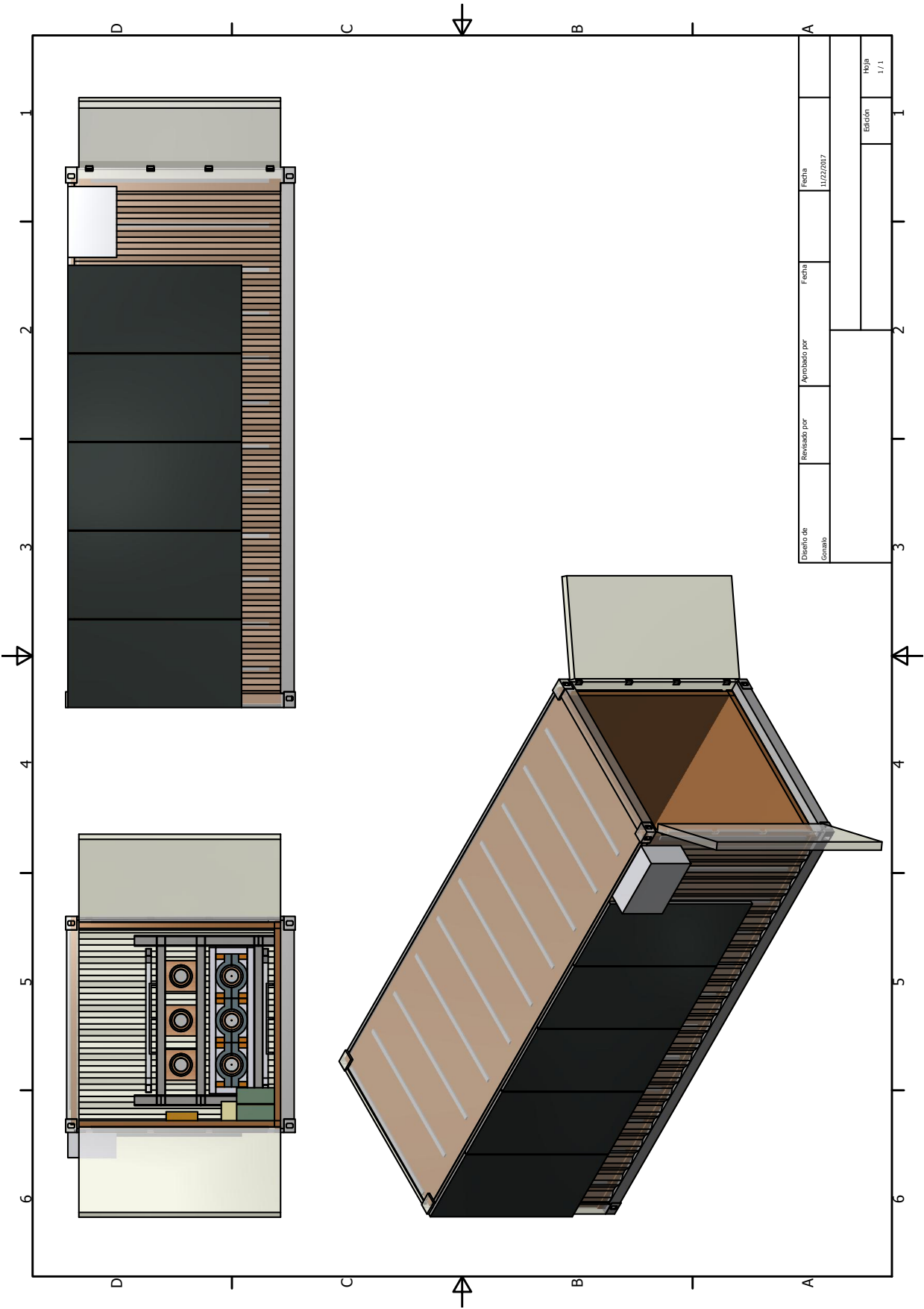


Figura 5.22: Contenedor con la instalación fotovoltaica.

Figura 5.23: Hoja de cálculo para la instalación fotovoltaica.

Cálculo de paneles necesario									
n	20.967,17522	Para el mejor							
n	169,3818861	Para el peor de los casos							
n	33,48246585	Para la media							
Rendimiento	0,8								
n paneles real	5								
Energía Real	5191,20 Wh/día	Para el mejor							
Energía Real	642,60 Wh/día	Para el peor de los casos							
Energía Real	3250,80 Wh/día	Para la media							
Capacidad de los acumuladores									
Capacidad	3023,466667 Ah								
Días autonomía	2 días								
Voltaje	24 V								
Prof descarga	0,6								
Capacidad real	550 aAh								
Autonomía real	0,364 días	8,732 horas							
Selección Regulador Inversor									
Potencia convertidor	1027,861333 W								
Simultaneidad	0,7								
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS									
Regulador de Carga		Valor							
Corriente Máxima Admitida		50 A							
Voltaje Máx Voc		60 VDC							
Consumo Stand By		20 W							
Cargador de Batería									
Voltaje de Batería		24 V							
Voltaje en Flotación		27 V							
Protección Sobrevoltaje		30 V							
Corriente Máx. de Carga		20 - 30 A							
Inversor									
Voltaje de Salida (+/- 5%)		230 V							
Potencia Pico (3 segs.)		3600 W							
Eficiencia		93%							
Tipo de Onda		Senoidal Pura							
Características Físicas									
Dimensiones: mm (Largo x Alto x Ancho)		100 x 272 x 355							
Peso (Kg.)		6,9							

Figura 5.24: Hoja de cálculo para la instalación fotovoltaica.

Capítulo 6

Conclusiones y líneas futuras

6.1 Conclusiones

Este documento es el broche final de un trabajo que comenzó en enero de 2017, cuando se publicó la asignación del proyecto ORCA. Entonces, se comenzó a identificar los objetivos necesarios para conseguir las propuestas del proyecto, que pueden englobarse en un gran objetivo principal: diseñar un detector de CR's capaz de ser transportado en medios de transporte convencionales (camión, tren, barco...) y con posibilidad de operar en cualquier entorno y clima, ya que en el viaje se parte desde la zona centro de España, se atravesará el Ecuador y llegará a la isla Livingstón en la Antártida. En este proyecto se asignan una ubicación y condiciones de viaje muy definidas, pero en realidad nos encontramos ante un detector con una gran versatilidad y con posibilidad de ser utilizado en multitud de futuras investigaciones.

Desde entonces se han llevado a cabo reuniones y negociaciones con diferentes empresas relacionadas con el tipo de trabajo presentado en este TFM, sin embargo los presupuestos fueron bastante elevados, y las soluciones que se planteaban no eran suficiente convincentes. Por ello, se decidió por llevar a cabo este trabajo y conseguir sistematizar el diseño y cálculo de módulo de alojamiento de ORCA. Por otra parte, durante este tiempo, las propuestas realizadas desde los distintos equipos que se ven involucrados en este proyecto han experimentado modificaciones esenciales de cara al desarrollo de este trabajo. Por ello, se decidió llevar a cabo la propuesta inicial, realizando el trabajo de manera que pueda modificarse y adaptarse a otras situaciones de forma rápida y con escasos consumo de recursos en el futuro.

En el desarrollo de este TFM se han abordado tres problemáticas bien diferenciadas, en la que intervienen múltiples disciplinas y que materializan el objetivo que da título a este documento, el diseño del módulo de alojamiento de ORCA.

1. En primer lugar, el diseño y cálculo de una estructura que será anclada en el interior del contenedor para colocar sobre ella los diferentes detectores. En el capítulo 2 es patente la intervención de nociones de diseño estructural, arquitectura, resistencia de materiales, diseño 3D, entre otros. El resultado es una estructura optimizada para el propósito concreto que proponía el proyecto ORCA. Esta estructura ha sido diseñada para poder ser montada y desmontada las veces que sean necesarias y facilitar su transporte, por ello se han empleado uniones atornilladas. Los perfiles empleados son estándares ampliamente utilizados, por lo que su fabricación será sencilla y económica. Como resultado se obtiene una estructura robusta que permite la colocación de los detectores de forma ordenada para optimizar el estudio a realizar y capaz de soportar los transportes que el sistema experimentará en su vida útil. El cálculo de la estructura aparece en el Anexo C y en las Figuras 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17 se muestran los modelos del diseño de la estructura.

2. Por otro lado, el cálculo y diseño del aislamiento térmico del contenedor que almacenará los equipos de ORCA, desarrollado en el Capítulo 3 que permite conocer las pérdidas que se experimentarán durante su funcionamiento para equiparlo con el equipo de climatización que mejor se adapte a las necesidades. Aplicando nociones de instalaciones industriales y de construcción y edificación industrial. Como resultado, se ha optado por un aislamiento en módulos de poliuretano en panel de sandwich para facilitar su instalación y posible reutilización en el futuro, ya que estos paneles pueden ser fácilmente desinstalados del contenedor y pueden utilizarse para realizar aislamiento en otro habitáculo. El aislamiento inferior, al ser colocado en el interior del contenedor actuará como suelo y sobre el se colocarán el resto de elementos, a excepción de la estructura de detectores que deberá ser atornillada al suelo del propio contenedor. Para compensar las pérdidas térmicas por la envolvente del contenedor se instalará un equipo de aire acondicionado. Los cálculos de pérdidas en la base JCI se muestran en la Figura 5.19, y para el traslado en el buque Hespérides en la Figura 5.20. El aspecto del contenedor tras el aislamiento e instalación del equipo de climatización se muestra en la Figura 5.18.
3. Por último, el cálculo de los consumos esperados por todos los dispositivos que operarán en ORCA, mostrada en la Tabla 5.7 y el estudio de la instalación fotovoltaica propuesta en la memoria del proyecto, que se planteó en el Capítulo 4. Donde intervienen nociones de instalaciones industriales y de ingeniería energética. Se han seleccionado los elementos que formarán la instalación fotovoltaica: los paneles solares, el equipo regulador/inversor y las baterías. El cálculo de la generación de los paneles se muestra en la Tabla 5.9, y los cálculos para la instalación fotovoltaica se muestran en las Figuras 5.23 y 5.24. El aspecto del contenedor tras la instalación fotovoltaica se muestra en la Figura 5.22.

Gracias a esto, se establecen los pilares para comenzar a realizar el montaje y configuración del conjunto de ORCA para realizar las pruebas y experimentos necesarios para disponer de un sistema de detectores robusto a finales del año 2018.

6.2 Líneas futuras

En cuanto a los trabajos futuros que se proponen para continuar satisfacer las necesidades del proyecto ORCA se proponen los siguientes.

Realizar el montaje completo de ORCA en un laboratorio y llevar a cabo las configuraciones y pruebas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los distintos dispositivos que lo forman. Para ello, una vez se dispongan de los detectores definitivos que se instalarán en ORCA, se construirá la estructura junto con los elementos de fijación de los detectores a esta estructura. Se realizará la instalación de cada uno de los detectores, junto con sus sistemas de adquisición de datos, sistemas de comunicación, etc... y se conectarán para probar su correcto funcionamiento durante los próximos meses. A esta instalación se puede incorporar el equipo de generación fotovoltaica y estudiar su contribución y contrastar los cálculos llevados a cabo. Durante el desarrollo de este TFM también se ha llevado a cabo la asignación de conectores a emplear en las conexiones, y se han realizado los cables de conexión para llevar a cabo la alimentación y la transmisión de datos del monitor de neutrones de ORCA.

Por otro lado, se propone llevar a cabo una simulación con el software Geant4 para caracterizar la respuesta de los detectores dentro del módulo de alojamiento diseñado. Este software permite simular el paso de partículas a través de la materia. Entre sus áreas de aplicación se incluyen tanto la física de altas energías, nuclear, como estudios en medicina o en ciencia espacial.

Bibliografía

- [1] J. Medina, “Introducción al estudio de los rayos cósmicos,” *Universidad de Alcalá de Henares*, 2011. [Online]. Available: <https://www.casadellibro.com/libro-introduccion-al-estudio-de-los-rayos-cosmicos/9788481389036/1838282>
- [2] J. Medina, J. J. Blanco, O. García, R. Gómez-Herrero, E. J. Catalán, I. García, M. A. Hidalgo, D. Meziat, M. Prieto, J. Rodríguez-Pacheco, and S. Sánchez, “Castilla-la mancha neutron monitor,” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 727, no. Supplement C, pp. 97 – 103, 2013. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900213008486>
- [3] A. Blanco, J. J. Blanco, J. Collazo, P. Fonte, J. A. Garzón, A. Gómez, G. Kornakov, T. Kurtukian, A. L. Agüera, J. M. López, L. López, M. Morales, A. Morozova, J. C. Mouriño, M. A. Pais, M. Palka, V. P. Muñuzuri, P. Ribeiro, I. R. Cabo, I. Sosa, and J. Taboada, “Tragaldabas: a new rpc based detector for the regular study of cosmic rays,” *Journal of Instrumentation*, vol. 9, no. 09, p. C09027, 2014. [Online]. Available: <http://stacks.iop.org/1748-0221/9/i=09/a=C09027>
- [4] S. Ayuso, J. J. Blanco, J. Medina, R. Gómez-Herrero, O. García-Población, and I. García Tejedor, “A coincidence detection system based on real-time software,” *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, vol. 5, no. 2, pp. 437–449, 2016. [Online]. Available: <https://www.geosci-instrum-method-data-syst.net/5/437/2016/>
- [5] J. J. Blanco, E. Catalán, M. A. Hidalgo, J. Medina, O. García, and J. Rodríguez-Pacheco, “Observable effects of interplanetary coronal mass ejections on ground level neutron monitor count rates,” *Solar Physics*, vol. 284, no. 1, pp. 167–178, May 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11207-013-0256-1>
- [6] “Página nmdb (neutron monitor database),” <http://www.nmdb.eu/>.
- [7] S. E. Forbush, “On the effects in cosmic-ray intensity observed during the recent magnetic storm,” *Phys. Rev.*, vol. 51, pp. 1108–1109, Jun 1937. [Online]. Available: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRev.51.1108.3>
- [8] T. Kuwabara, J. W. Bieber, J. Clem, P. Evenson, R. Pyle, K. Munakata, S. Yasue, C. Kato, S. Akahane, M. Koyama, Z. Fujii, and M. Duldig, “Real-time cosmic ray monitoring system for space weather,” vol. 4, 08 2006.
- [9] P. H. Stoker, L. I. Dorman, and J. M. Clem, *Neutron Monitor Design Improvements*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000, pp. 361–380. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-94-017-1187-6_17
- [10] “Últimos plots de calma en la web sorbete srg,” <http://www.sorbete.srg.uah.es/sorbitools/calma/>.

- [11] *BP28 Chalk River Neutron Counter Operating Data*, Manual, Chalk River, Ontario, Canada.
- [12] “Ministerio de fomento. código técnico de la edificación. documento básico seguridad estructural (db se),” <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE.pdf>.
- [13] “Ministerio de fomento. código técnico de la edificación. documento básico seguridad estructural acero (db se-a),” <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-A.pdf>.
- [14] “Ministerio de fomento. norma de construcción sismorresistente (ncse-02),” <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BN0222>.
- [15] “Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (idae). guía técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos.” <http://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-diseno-y-calculo-del-aislamiento-termico-de-conducciones-aparatos-y>.
- [16] “Aenor. une-en iso 754:2005. embarcaciones y tecnología marina. aire acondicionado y ventilación d los alojamientos. condiciones de diseño y bases de cálculo.” <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0042771#.Wh1RWPZrzCI>.
- [17] “Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (idae). soluciones de aislamiento con poliuretano,” http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10828_SolucionesAislamientoPoliuretano_A2008_A_a31da982.pdf.
- [18] Ó. G. Población, J. J. Blanco, R. Gómez-Herrero, C. T. Steigies, J. Medina, I. G. Tejedor, and S. Sánchez, “Embedded data acquisition system for neutron monitors,” *Journal of Instrumentation*, vol. 9, no. 08, p. T08002, 2014. [Online]. Available: <http://stacks.iop.org/1748-0221/9/i=08/a=T08002>
- [19] “Componentes de una instalación solar fotovoltaica.” <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
- [20] “Ficha técnica inversor cargador.” <https://autosolar.es/pdf/Inversor-Atersa-Quadro-3000VA-24V-MPPT60.pdf>.
- [21] “Ficha técnica paneles solares.” <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-315w-24v-monocristalino-atersa>.
- [22] “Ficha técnica baterías.” <https://autosolar.es/pdf/UP-GC16-6RE.pdf>.
- [23] “Cype ingenieros,” <http://www.cype.es/>.
- [24] “Meteoblue,” https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/modelclimate/livingston-island_antarctica_6620723.
- [25] “Photovoltaic geographical information system european commission, joint research center,” <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>.

Apéndice A

Presupuesto

Concepto	Precio (€)
Contenedor Marítimo 20 pies	3000
Estructura de Acero	
Materiales	2000
Mano de obra	1000
Aislamiento	
Materiales	800
Mano de obra	300
Climatización	
Equipo MFZ-KJ25VE	1400
Instalación	700
Instalación Fotovoltaica	
Inversor Cargador Artesa Quadro	500
5x Paneles Artesa 315W	1750
4x Baterías UPower UP-GC16	1400
2x Fuentes de Alimentación	110
2x Tubos LED 12V	50
Desarrollo del Proyecto	
Equipo Informático	1500
Licencias de Software	1000
Ingeniero Industrial	9000
Total	24510

Apéndice B

Fichas Técnicas

B.1 Fuente de Alimentación iseg.



T1CP vvv x)¹ High Voltage Desk Top Power Supply Operators Manual

Contents:

1. General information
2. Technical Data
3. Front panel
4. Operation
5. Polarity setting (if available, only for DPS with option EPU)
6. Remote control via computer interface

WARNING!

- It is not allowed to use the unit if the covers have been removed.
- It is not allowed to connect or disconnect the HV cable if HV is ON !
- We decline all responsibility for damages and injuries caused by an improper use of the module. It is highly recommended to read the operators manual before any kind of operation.

Note

The information in this manual is subject to change without notice. We take no responsibility for any error in the document. We reserve the right to make changes in the product design without reservation and without notification to the users.

Filename T1CPxx_10-30kV_HW_eng.____; Version 2.02 as of 09-12-16

iseg Spezialelektronik GmbH
Bautzner Landstr. 23
D - 01454 Radeberg / Rossendorf

Email: sales@iseg-hv.de
<http://www.iseg-hv.com>
Germany

Phone ++ 49 351 / 26 996 - 0
Fax ++ 49 351 / 26 996 - 21

1. General information

The model T1CP vvv is a high voltage desk top supply which offer a very stable output voltage up to 30 kV for use in industry and research. The output is generated by means of a high voltage module of the CPS-series, which is supplied by means of an AC/DC converter.

Main Characteristics:

- High voltage desk top power supplies with either front-panel control, via analogue I/O or USB interface
- Output voltages with low ripple and noise
- Compact and ruggedized enclosure
- Output short circuit and overload protected
- Polarity factory fixed



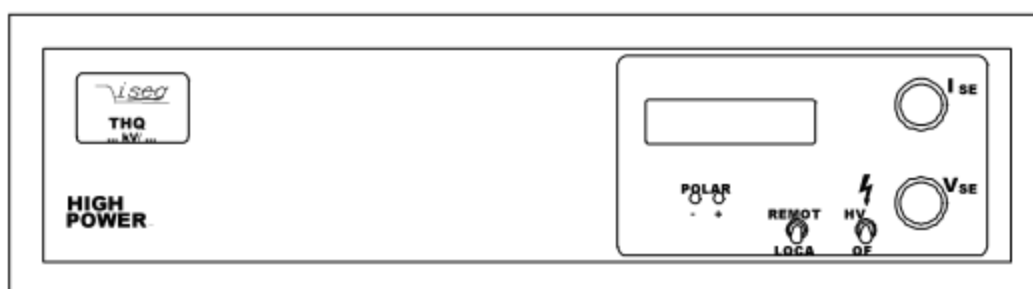
Operation without the plugged-in HV-connectors can damage the unit

2. Technical Data

One channel HV-PS T1CP		100 x ¹	150 x ¹	200 x ¹	300 x ¹
Output voltage V _{Onom}		10kV	15kV	20kV	30kV
Output current I _{Onom}		1 mA	600 µA	500µA	300µA
Output polarity		factory fixed: x ¹ = p: positive, x ¹ = n: negative			
Ripple and noise		typical < 2 * 10 ⁻⁵ * V _{outnom} , max. 5 * 10 ⁻⁵ * V _{outnom}			
Stability:	Δ V _O / Δ V _{INPUT}	< 1 * 10 ⁻⁴			
	Δ V _O (no load/ load)	< 2 * 10 ⁻⁴			
Temperature coefficient		< 1 * 10 ⁻⁴ /K			
Voltage measurement	resolution:	10 V / 4-digit LCD display			
	accuracy:	± (1% * V _{Onom}) (for one year)			
Voltage settings	manual:	via 10-turn potentiometer ("LOC")			
	REMOTE:	via analog I/O with V _{SET/MON} = 0 to 5 V ("REM") or interface			
Current measurement	resolution:	I _{Onom} = 1mA: 1 µA 300 µA ≤ I _{Onom} ≤ 600 µA: 100 nA 4-digit LCD display			
	accuracy:	± (1% * I _{Onom}) (for one year)			
Current settings	manual:	via 10-turn potentiometer			
	REMOTE:	via analog I/O with V _{SET/MON} = 0 to 5 V ("REM") or interface			
Rate of change of output voltage		fixed: V _{Onom} / 4 s (at HV-ON/OFF)			
Protection		Output short circuit and overload protected.			
		Attention! There is only one short circuit or arc per second allowed! The integral output current must limited to the max. output current of the module external otherwise.			
		Attention! Units must not be used without HV-Connectors plugged in!			

1 channel HV-PS		T1CP 100 $\mathbf{x^{1)}$	T1CP 200 $\mathbf{x^{1)}$
		T1CP 150 $\mathbf{x^{1)}$	T1CP 300 $\mathbf{x^{1)}$
Connectors	HV output: analogue I/O USB interface	HV-plug socket 16 kV: LEMO ERA.1Y.416.CLL 9-pin D-Sub connector USB B connector	HV-plug socket 30 kV: LEMO ERA.3Y.425.CLL 9-pin D-Sub connector USB B connector
Remote control		via analogue I/O or USB (" USB ") interface	
Line voltage AC (V_{INPUT})		100 to 240 V-AC; 50/60 Hz; fused with 2 A-slow	
Desk case		Size (W/H/D) : (310/90/280, 310 with SHV) mm	
Operating temperature		-20 ... +40 °C	
Storage temperature		-40 ... +85 °C	
9-pin male D-Sub connector "analog I/O" on the rear side			
PIN	Name	Description 9-pin male D-Sub connector "analog I/O"	
1	n.c.		
2	$V_{_I_{MON}}$	Monitor voltage corresponding I_O : $I_O = 0$ to I_{Onom} ($R_i = 10\text{ k}\Omega$) $\Rightarrow V_{2-6} = 0$ to 5 V	
3	INH	INHIBIT (TTL level, LOW $\Rightarrow V_O = 0$, [LOW to] HIGH or open $\Rightarrow V_O = V_{SET}$ with ramp)	
4	$V_{_I_{SET}}$	Setting current ($R_{IN} = 10\text{ k}\Omega$ to V_{REF}): $V_{4-6} = 0$ to 5 V $\Rightarrow I_O = 0$ to I_{Onom} n.c. $\Rightarrow I_{Onom}$ is possible	
5	n.c.		
6	GND	GND = V_{SET_0V} Signal 0 V (connected to the metal module box)	
7	$V_{_V_{MON}}$	Monitor voltage corresponding V_O : $V_O = 0$ to V_{Onom} ($R_{OUT} = 10\text{ k}\Omega$) $\Rightarrow V_{7-6} = 0$ to 5 V	
8	$V_{_V_{SET}}$	Setting voltage: $V_{8-6} = 0$ to 5 V $\Rightarrow V_O = 0$ to V_{Onom} ($R_{IN} \approx 300\text{k}\Omega$)	
9	V_{REF}	$V_{9-6} = 5\text{ V}$ (1 mA) Reference voltage for a external potentiometer (Sliding contact on $V_{_V_{SET}}$ and/or $V_{_I_{SET}}$)	

3. Front panel



4. Operation

The power supply line with the mains switch and the fuse are located at the device's rear. After power-on, the displays light up at the front and the chosen polarity is displayed on the according polarity LED.

The two-line displays for measured voltage and current, the potentiometer V_{SET} and I_{SET} , the button REMOTE/LOCAL and the button HV-ON/OFF are located on the front panel. Devices with option EPU also have a button POLARITY.

The high voltage output is located at the device front or rear, depending on the high voltage source.

The analogue I/O interface is a nine pin male D-SUB connector on the device rear.

The button REMOTE/LOCAL switches between control

- with local potentiometer on the front panel ("**LOC**" on display)
- with remote control via analogue I/O on the device rear ("**REM**" on display)

The chosen control mode is saved internal and restored at next power-on.

The high voltage generation is started with the internal signal INHIBIT when switching the button HV-ON.

As another requirement, the external signal INHIBIT must not be active (HIGH level or open).

With LOW level at the external INHIBIT, the high voltage generation can be stopped anytime.

Warning! If the control mode is local ("**LOC**"), the high voltage generation starts with a ramp speed of $V_{Onom} / 4s$ (hardware ramp) to the set voltage chosen with the potentiometer V_{SET} .

The device also ramps to this value when switching back from analogue I/O ("**REM**") to local ("**LOC**") control.

The high voltage and current can now be set with the potentiometer V_{SET} and I_{SET} . The actual voltage and actual current are shown on the display. They can also be monitored with the voltages V_{V-MON} and V_{I-MON} on the analogue I/O.

If the operating mode is switched to analogue I/O ("**REM**"), the output voltage and current are set to the analogue set voltages V_{V-SET} and V_{I-SET} .

In the simplest case, two potentiometers are connected between the internal reference voltage V_{REF} and ground and the sliding contacts are connected to V_{V-SET} and V_{I-SET} .

When receiving the command D1={voltage}, the device switches to the computer remote control mode ("**USB**"). By pressing the button REMOTE/LOCAL, the device switches back to local mode "**LOC**" or analogue I/O mode "**REM**". After power-on, the device starts in computer remote control mode, if the Autostart command is activated with command A1.

The voltage (D1), current (C1) and polarity (P1) set values for the computer control mode are saved in the internal EEPROM.

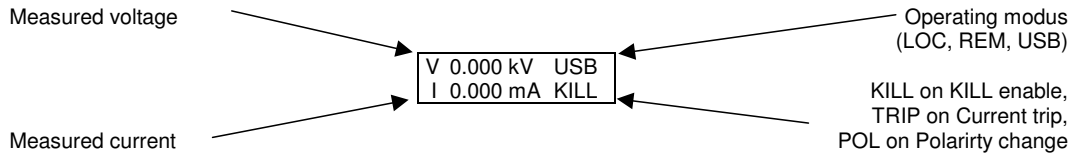
Before switching to computer control mode, the preset voltage and current should be checked first (read back with D1 and C1)!

Switching HV-ON to "OFF" and an active INHIBIT-signal only switches off the high voltage generator, however, the output is not put to ground. The internal (approx. 2 nF) and external capacitors discharge by the internal measurement resistor ($50 M\Omega \pm 30 \%$) and the external load. Therefore, extended discharge times may occur.

Attention! Hence, long discharging times are possible! Control the discharging status on the display respectively the monitor voltages before touching any parts under tension.

Display

The Display area consists of four subdivisions:



Software Trip function

It is possible to turn off High voltage when reaching the preset current limit (KILL enable). This function can only be used with computer interface. The delay for detecting a trip is about 50...100 ms.

If KILL is enable (KILL is shown in Display), the high voltage will shut down if the current limit is achieved. In this case, the bit TRIP in status word is set. This bit can be cleared by setting the KILL function again (T1=1) or by disabling KILL (T1=0). In both cases, the high voltage has to be set again (Vset is set to zero at Trip).

By switching to mode local, the KILL function is turned off (KILL disable). A pending Trip is cleared by switching HV-ON/OFF → OFF → ON.

Reset to factory settings

If the button HV-ON/OFF is set to OFF and REMOTE/LOCAL is pressed during power-on, the following settings are reset:

- Saved voltage for computer interface to zero
- Saved current for computer interface to nominal current
- Operating mode local, compatibility mode off

5. Polarity setting for DPS with Option EPU (if available)

The output voltage polarity can be changed with the POLARITY switch at front panel, over analogue I/O or with the computer interface (with command P1) if **Vout = 0 V**. Previously, set the voltage to zero and control the discharge process.

Attention! Don't switch POLARITY when displayed voltage is greater than 100 V!

The chosen polarity is signalled by the corresponding status LED at the front panel and can be requested over computer interface with the command P1.

For safety purposes, the high voltage generation is stopped for about one second before the polarity is switched. After another second, the device is operating again.

If the control mode is switched to analogue I/O („REM“) with button REMOTE/LOCAL and PIN 5 is not connected, the device switches to **positive** polarity.



6. Remote control via computer interface

The computer interface allows to control all relevant parameters of the high voltage source. Up to three high voltage channels can be controlled over one computer interface.

The USB interface is realized with a female USB-B connector at the device rear. Internal, the USB is implemented with an USB-serial converter FTDI FT232R.

This device functions as virtual serial port in PC, and thus can be used with every program that supports a serial port, e. g. a terminal program or LabVIEW.

The data exchange is character-orientated, with echo in direction "computer to HV source". The direction "HV source to computer (answer)" is free-running.

The serial port's hardware settings are: 9600 bit/s, 8 bit/character, no parity, 1 stop bit. No handshake is used.

When using the HV source via computer interface, the following functions are possible:

1. Write functions: Set voltage, Set current, Polarity (with option EPU); Autostart active
2. Read functions: Set voltage, Actual voltage, Set current, Actual current, Polarity, Status, Identifier; Autostart active

When operating in local or analogue I/O mode, the read functions are possible via computer interface.

When setting a voltage value over interface (command D1), the device switches to mode computer control.

Autostart function

With active Autostart, the device switches to mode computer remote control after power-up and restores the last settings of voltage and current. The Autostart function can be activated for every channel separately (with command A_n).

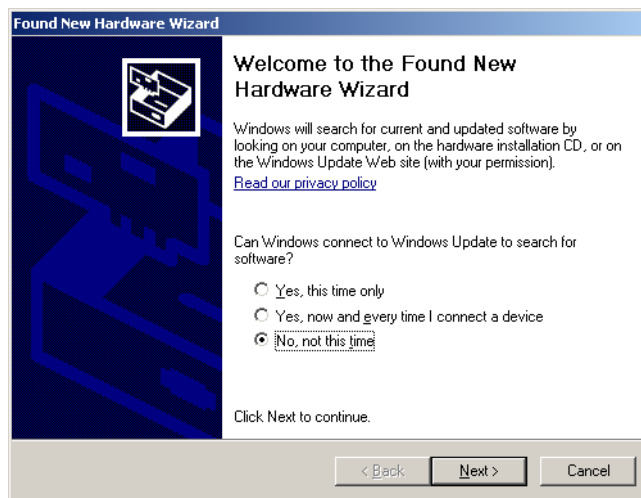
Attention! If the switch "HV ON/OFF" is in position ON, the high voltage generation ramps automatically to the preset voltage value.!

Windows USB driver installation

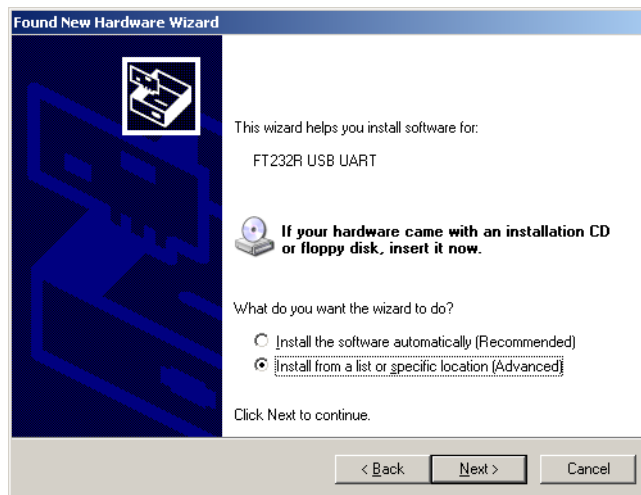
The FTDI VCP driver (Virtual COM Port) can be downloaded from the iseg file server under
<http://www.iseg-hv.com/support> → software → TOOLS

The following steps are necessary for installation:

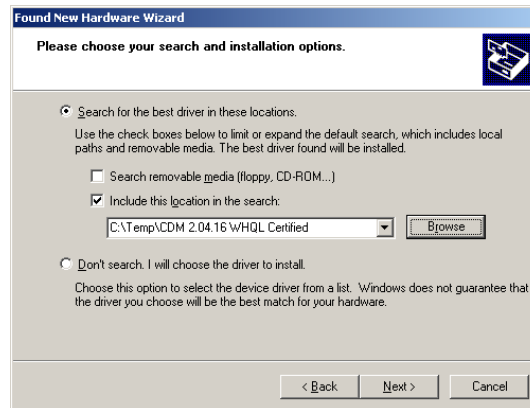
1. Extract the FTDI driver "CDM 2.04.16 WHQL Certified.zip", e. g. to C:\Temp\
2. Connect the HV device to the computer via USB
3. The Found new Hardware wizard appears.
 Please choose "No, not this time" in the first dialog and then click Next.



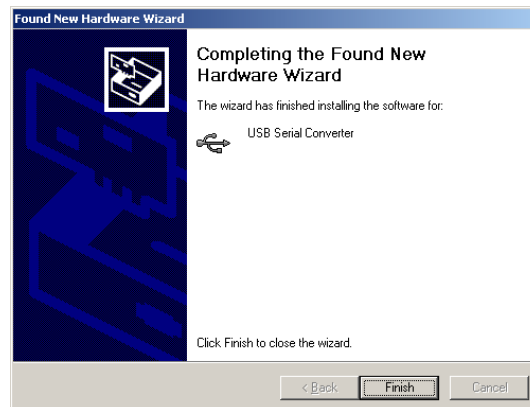
4. Choose "Install from a list or specific location" in the next dialog and then click Next:



5. Please choose the directory you extracted the driver to and the click Next:



6. After some copying you get the final dialog:



It may be necessary to do the steps 3 to 6 again, before the device can be used (the first time, a bus driver is installed, the second time, the virtual COM port driver is installed).

Linux USB driver installation

The driver is already included in Kernel series 2.6 and should be loaded automatically when connecting the device. The driver provides a virtual serial port `/dev/ttyUSB0` that can be accessed with an Terminal program (e. g. CuteCom).

The following `dmesg` output shows, how the device is recognized and the driver loaded:

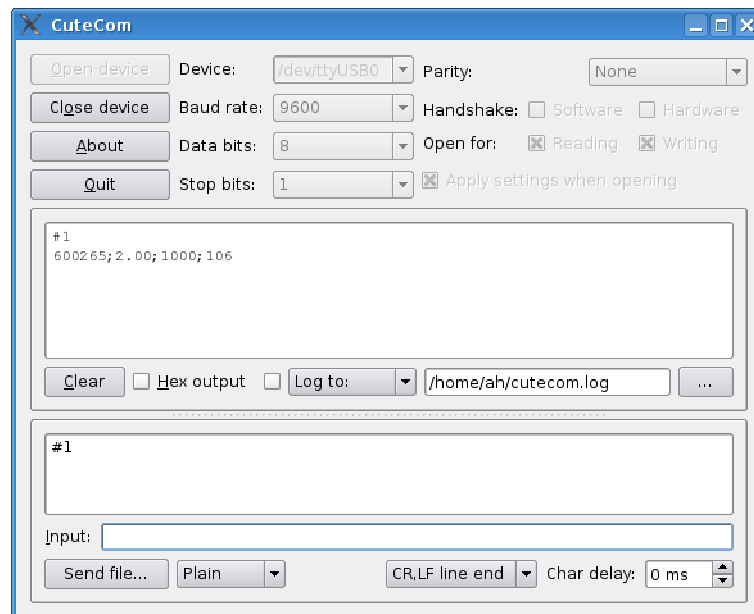
```
[234.496011] usb 1-2: new full speed USB device using uhci_hcd and address 2
[234.694884] usb 1-2: configuration #1 chosen from 1 choice
[234.704371] usb 1-2: New USB device found, idVendor=0403, idProduct=6001
[234.704376] usb 1-2: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=3
[234.704380] usb 1-2: Product: FT232R USB UART
[234.704382] usb 1-2: Manufacturer: FTDI
[234.704385] usb 1-2: SerialNumber: A60075cx
[234.807627] usbcore: registered new interface driver usbserial
[234.807649] usbserial: USB Serial support registered for generic
[234.807679] usbcore: registered new interface driver usbserial_generic
[234.807683] usbserial: USB Serial Driver core
[234.816739] usbserial: USB Serial support registered for FTDI USB Serial Device
[234.816774] ftdi_sio 1-2:1.0: FTDI USB Serial Device converter detected
[234.816805] ftdi_sio: Detected FT232RL
[234.816855] usb 1-2: FTDI USB Serial Device converter now attached to ttyUSB0
[234.816872] usbcore: registered new interface driver ftdi_sio
[234.816876] ftdi_sio: v1.4.3:USB FTDI Serial Converters Driver
```

The following picture shows the connection to the THQ with the graphical Terminal program CuteCom (Download at <http://cutecom.sourceforge.net>).

The following settings are needed to connect to the THQ:

Device	/dev/ttyUSB0 (or other interface, see <code>dmesg</code> output)
Baud rate:	9600
Data bits:	8
Stop bits:	1
Parity:	None
Handshake:	None
Line end:	CR,LF

Now the serial interface can be opened by „Open device” and the communication tested:



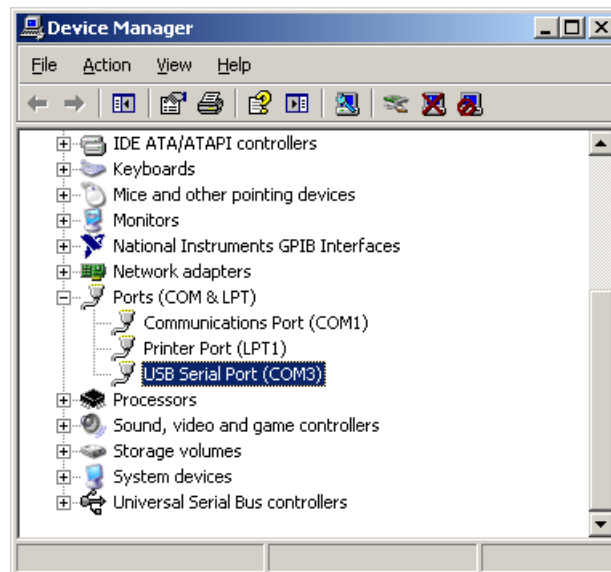
Interface Test under Windows

Determine the serial USB interface with Device Manager

Start the Device Manager with:

Start → Settings → Control Panel → System → Device Manager

All THQ devices with USB interface get an USB Serial port assigned in section Ports (COM & LPT), in this case COM3:

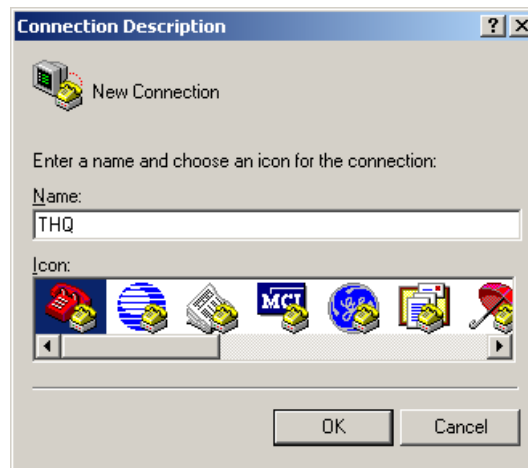


Test with HyperTerminal

HyperTerminal is included in Windows 2000 and XP and can be started with:

Start → Programs → Accessories → Communications → HyperTerminal

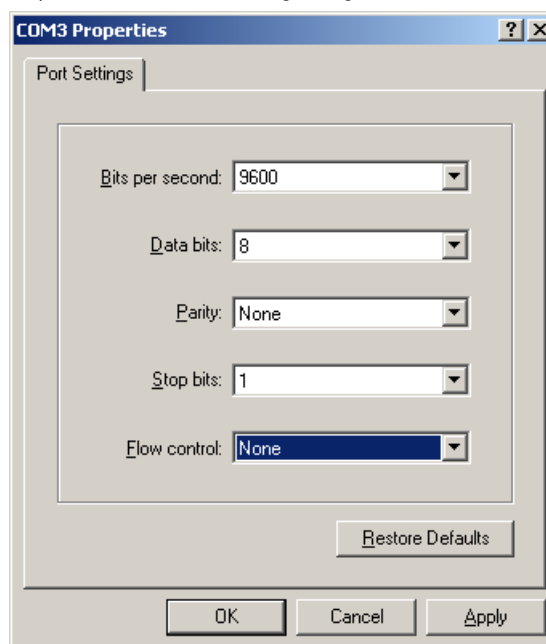
Create a new connection with menu „File → New Connection“, name it e. g. „THQ“ and click OK.



The following dialog appears. Choose your serial port and click OK:



Please enter the the interface parameters in the following dialog:

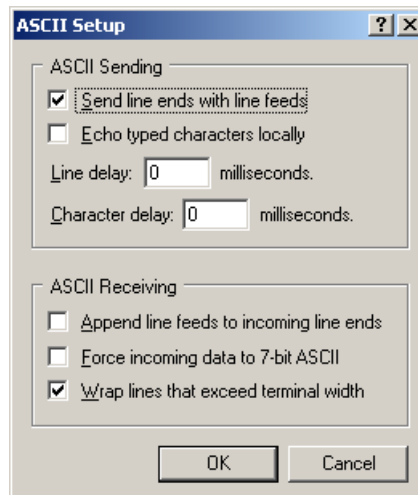


After clicking OK, the interface setup is finished.

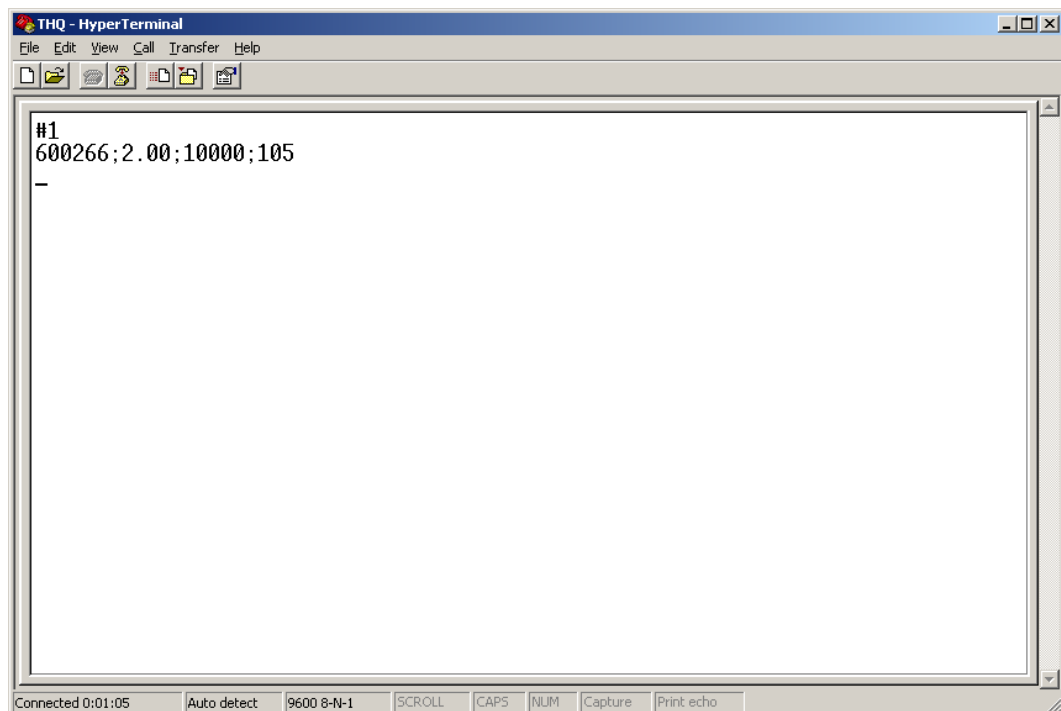
As last setting,

File → Properties → Settings → ASCII Setup

The setting “Send line ends with line feeds” has to be made (see following picture).



You can now test the communication with the device:





Command set

The commands are transmitted in ASCII coding. The command end is detected by the characters <CR><LF> (\$0D \$0A bzw. 13 10) (shown by * in the following table)

Command	Computer	HV device
Read device identifikation	#1 *	600000 ; 2.01 ; 3000 ; 205 * (serial no. ; Firmware ; V _{Onom} ; I _{Onom})
Read actual voltage channel 1	U1 *	{Measured voltage} * (in V)
Read actual current channel 1	I1 *	{Measured current} * (in A)
Read set voltage channel 1	D1 *	{Set voltage} * (in V)
Write set voltage channel 1 (Channel goes to mode USB)	D1={voltage} *	0 ≤ voltage ≤ V _{Onom} (in V)
Read set current channel 1	C1 *	{Set current} * (in A)
Write set current channel 1	C1={current} *	0 < current ≤ I _{Onom} (in A)
Read polarity channel 1	P1 *	{+ -} * positive or negative polarity
Write polarity channel 1	P1={+ -} *	set positive or negative polarity (Option EPU only)
Read Autostart channel 1	A1 *	{1 0} * 1=USB active after power-on 0=Local mode after power-on
Write Autostart channel 1	A1={1 0} *	1= USB active after power-on 0= Local mode after power-on
Read module status channel 1	S1 *	HL * (Hex Code → module status)
Set double echo (see compatibility mode)	E1={1 2}	E1=1 * single Echo (ex works) E1=2 * double Echo (as in THQ 1.xx)
Read Kill function channel 1	T1 *	{1 0} * 1=KILL enabled 0=KILL disabled
Write Kill function channel 1 (computer control only)	T1={1 0} *	1=enable KILL (and clear Trip) 0=disable KILL (and clear Trip)

* = <CR><LF>

Other channels can be used in devices with two or three high voltage channels by replacing channel '1' with '2' or '3', e. g.: "#1" → "#2".

In case of error (wrong input, wrong channel, invalid value), "???? *" is returned.

Input examples

(Italic is answer from HV device to computer)

#1	Read identification
<i>600138;2.01;3000;405</i>	<i>(Serial number 600138, Firmware version 2.01, 3000 V, 4 mA)</i>
D1=1000	Set voltage to 1000 V (device switches to mode USB)
C1=1E-3	Set current to 1 mA
U1	Read measured voltage
<i>999.7</i>	
I1	Read measured current
<i>0.028E-3</i>	
S1	Read status
<i>31</i>	<i>(HV ON + NEGATIVE + USB)</i>

Device status

The device status is an 8 bit word and is transmitted hexadecimal. The meaning of the status bits is explained in following table:

Status	Description	Bit	Wert	
TRIP	In mode Kill Enable the current limit was reached and the High voltage is turned off.	Limit reached → HV off	7	8
		Limit not reached		0
KILL	Kill-Enable/Disable	Kill enable	6	4
		Kill disable		0
INH	INHIBIT	HV-ON	5	2
		HV-OFF		0
POLN	Polarity negative	Negative	4	1
		(positive / unknown)		0
POLP	Polarity positive	Positive	3	8
		(negative / unknown)		0
AUTO	Computer interface active after power-on	Active	2	4
		Not active		0
MODE	Control via ...	analogue I/O (REM)	1	3
		Local Control (LOC)		2
		Computer interface (USB)	0	1
		Reserved		0

Examples for status:

11 Computer remote control, negative
 71 Computer remote control, negative, HV-ON, KILL enable
 0A Positive, Local control
 2B HV-ON, positive, analogue I/O

Compatibility to THQ 1.xx

The instruction set was simplified with Version 2.00. It is recommended to use the new instruction set for communication with the device.

However, it is possible to emulate the behaviour of THQ firmware 1.xx. To do so, the command E1=2 has to be sent to the device. If the device has more than one channel, the command has to be executed for every channel.

The following differences apply in compatibility mode:

- For every answer, the command is repeatet first
- The current limit is transmitted in mA (for $I_{Onom} \geq 1$ mA) respectively in μ A (for $I_{Onom} < 1$ mA)

Examples:

(Italic is answer from HV device to computer)

#1	Query identifier
#1	
600123;2.01;5000;205	Serial no. 600123, Version 2.01, 5000 V, 2 mA
C1=2	Set current limit to 2 mA
C1=2	
C1	Query current limit
C1	
2.0	Current limit = 2 mA

Filename THQ_Operation_USB_eng__Version 2.0 as of 2012-03-07

B.2 Barómetro BM35.

Barometer BM35



Barometer BM35

The BM35 barometer is a precision pressure measuring instrument for meteorological applications.

A resonance pressure cell ensures maximum stability and accuracy.

This unit is equipped with an RS232 or RS485 interface and can be connected to the MeteoBus.

The pressure measuring unit features an airtight design.

The built-in microprocessor allows calibration of the unit through software without opening the housing.

Power is supplied by a 12 V DC source

Options:

- Mains adapter for 230 or 115 VAC
- BM35-USS, built-in lightning and surge protection with EMCert
- Rack -Version, for installation in 19" housing

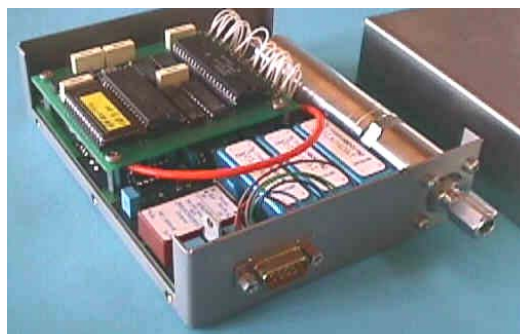
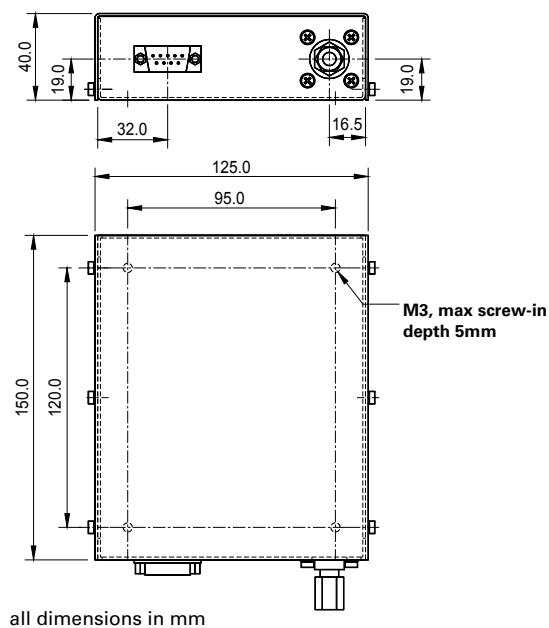
Data processing and data interface

The BM35 works autonomously, i.e. the measured values of up to 24 days are saved and can be retrieved via an interface (RS232 or RS485) at any time. When an RS485 MeteoBus interface is used the units are polled with an address which means that several units can be connected via the same interface. Up to 4800 data records can be stored in the unit.

Technical data

Measuring range	600...1100 hPa	Supply voltage	11...14V DC
Resolution	0.01 hPa	Current consumption	Max. 145 mA
Accuracy	±0.05 hPa		
Admissible temperature range	-25...+60 °C	Interface	RS232 or RS485 ASCII, 2400 Baud
Hysteresis	<0.01hPa	Max. cable length	3m
		Hose connection	Fitting with union piece for 6 mm hose
Stability	<100ppm/year	Threaded connection	G 1/8", female thread
Pressure medium	Air		
Measurement interval	1/2/5/10/15/20/30/60 minutes	Weight: Dimensions:	1.1 kg 175x124x40 mm

Mechanical dimensions



BM35 with EMCert surge protection modules



rack version KLA30-P35 built into Klimet-A30

Ordering information

- MGE-BM35/00: BM35 with RS 485 interface
- MGE-BM35/01: BM35 with RS 232 interface
- MGE-BM35/02: BM35 RS 485 with USS
- MGE-BM35/03: BM35 RS 232 m with it USS
- MGE-BM35/04: BM35 rack version

Technical specifications are subject to change

B.3 Tubo LED 12V.

30

TUBO LED 18W ROTABLE 120CM PC 330°

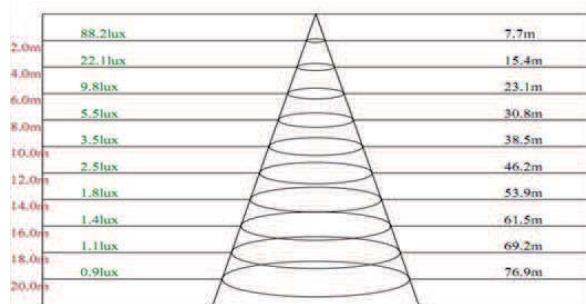
BB-LT-18W-120



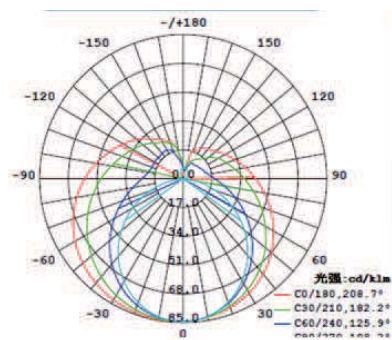
Tipo de LED:	SMD2835
Potencia	18W
Tamaño	26x1198mm
Input voltage (V)	90~265V AC
CRI	≥80
Eficiencia	≥85%
Frecuencia	47~63Hz
Lúmenes W/Total	92/1656

Pérdida de luz	<3% en 3000Hrs
Vida útil	≥ 50000 horas
Material/color	PC
Humedad	5~95% R.H.
Temperatura ambiente	-20~55°C
Garantía	2 años
C.C.T.	4500-5500 K
IP	20

Diagrama de iluminación



Curva de distribución



B.4 Regulador Inversor Artesa Quadro.



Inversor Cargador y Regulador de Carga



EL EQUIPO **TODO EN UNO** PARA INSTALACIONES SOLARES.

El Inversor Cargador Atersa Quadro, se compone de un regulador de carga de 50A PWM, en el cuál permitirá instalar paneles solares de 24V; El cargador de baterías es de 30A de carga como máximo, mediante este cargador podrá cargar las baterías desde un generador o red eléctrica. La parte inversor del Atersa Quadro de 3000VA, tiene una potencia máxima de 2400W, pudiendo tener puntas de arranque de hasta 3600W (durante 3 segs).



www.atersa.com

 **ATERSA QUADRO**


ATERSA QUADRO

P. Ind. Juan Carlos I, Av de la Foia 14, 46440 Almussafes. Valencia. España

❖ Tel: 961 430 113 ❖ eMail: autosolar@autosolar.es



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Regulador de Carga

Regulador de Carga	Valor
Corriente Máxima Admitida	50 A
Voltaje Máx Voc	60 VDC
Consumo Stand By	20 W

Cargador de Batería

Voltaje de Batería	24 V
Voltaje en Flotación	27 V
Protección Sobrevoltaje	30 V
Corriente Máx. de Carga	20 - 30 A

Inversor

Voltaje de Salida (+/- 5%)	230 V
Potencia Pico (3 segs)	3600 W
Eficiencia	93%
Tipo de Onda	Senoidal Pura

características Físicas

Dimensiones mm (Largo x Alto x Ancho)	100 x 272 x 355
Peso (Kg)	6.9

REQUISITO INSTALACIÓN

1 - Será necesaria que la conexión de las baterías al inversor se efectúe antes que cualquier otra conexión, de lo contrario podría causar fallo en el mismo.

2 - No deberemos superar los 50 A de corriente máxima desde paneles solares (para ello ver el valor ISC del panel solar), dado que podríamos causar un fallo en el regulador de carga por sobrecorriente.

INTERIOR ARTESA QUADRO



Entrada y Salida 230V Alterna

Los tres conectores de la izquierda (AC IN) será la conexión del generador o red eléctrica para la carga de baterías desde una fuente de 230V.



Visión General de Conexiones

Aquí se muestran aquí los bornes de baterías y la entrada de paneles, situada en la parte derecha de la imagen.



Display para Control.

El inversor dispone de una pantalla donde poder visualizar a tiempo real lo que está ocurriendo en la instalación.


B.5 Bateria UPower 6V.



UP SERIES-GC

UP-GC16-6RE



Mechanical Characteristics		
	SI Units	US Units
Length	318 mm	12.52 inches
Width	181 mm	7.12 inches
Height	425 mm	16.73inches
Weight	52.00kg	114.6 lb
BCI Group Size		GC2
Cell Layout		0
Base Hold-Down		B0
Terminal Type		DT
 Terminal height: 18.5 mm – 0.73 in Bolt size: 5/16		

Electrical Characteristics	
Nominal voltage	6 Volts
C100 Rated Capacity (120h)	600 Ah
C5 Rated Capacity (100h)	550Ah
Reserve Capacity @ 25A	880 min
Reserve Capacity @ 75A	225 min

Operational temperature range: -20°C to + 55°C (always keep the battery charged at least 60% at temperatures below 0°C)

Charging Instructions at 25°C	
Daily charge	7.40V ± 0.05V
Float charge	6.60V
Equalize charge	7.70V ± 0.05V

* Do not install or charge batteries in non-ventilated premises.
* The charging is of special importance because both over and under charging will severely limit the life of the batteries. If the batteries will stay for an extended period without being used please ensure they are routinely checked, cleaned and fully charged before being stored.

Battery temperature adjustment:

Reduce the voltage by 0.028V per cell for every 10°C above 25°C, increase the voltage by 0.028V per cell for every 10°C below 25°C.
Deep cycle batteries need to be equalized periodically. Actively used batteries should be equalized at least twice per year.

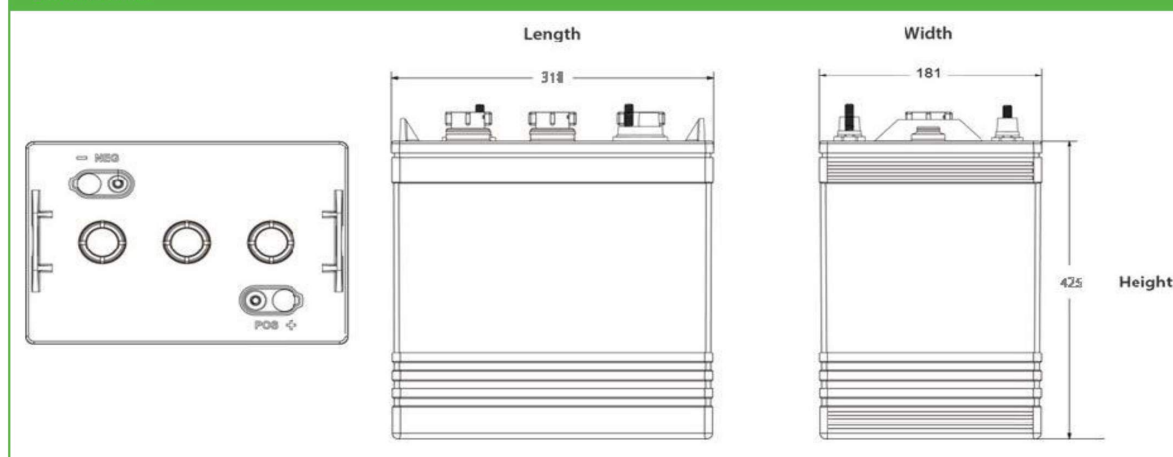


Master
U-power®

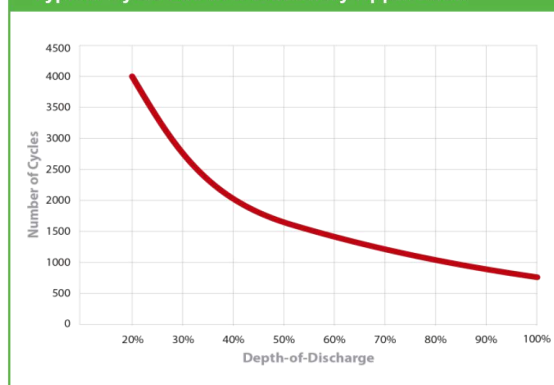
UP SERIES-GC

UP-GC16-6RE

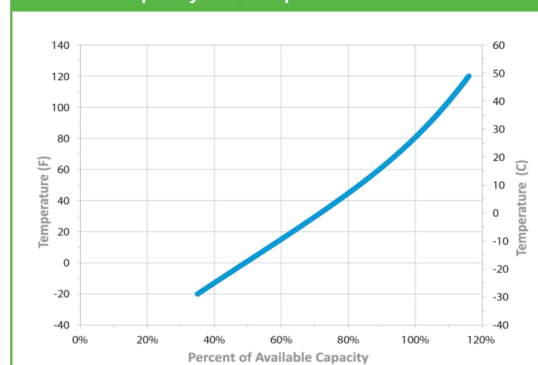
Dimensions



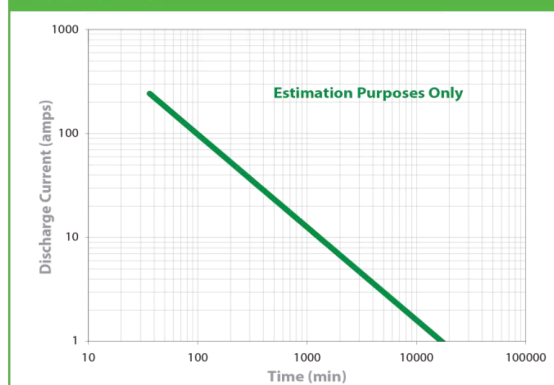
Typical Cycle Life in a Stationary Application



Percent Capacity Vs. Temperature



Performance



B.6 Mitsubishi MFZ-KJ23VE.



Changes for the Better

Serie MFZ-KJ

Se adapta a cualquier espacio



Serie MFZ-KJ

El confort que mejor se integra en tu espacio

La serie MFZ-KJ es la unidad de aire acondicionado y bomba de calor de suelo especialmente diseñada para estancias con poca superficie disponible de pared.

Es la unidad adecuada para estancias con muchas ventanas, estanterías o cuadros donde no es posible la instalación de unidades de pared.

Además, su diseño compacto y discreto permite una fácil instalación en cualquier rincón del hogar o comercio integrándose discretamente en su entorno sin alterar la decoración original.

Todo ello, manteniendo todas las prestaciones y el confort de los mejores equipos de Mitsubishi Electric.

Diseño moderno y actual

La MFZ-KJ tiene un diseño simple y simétrico que proporciona una belleza lineal adecuada para cualquier tipo de decoración. Además, gracias a su frontal plano, que le da una estética más lisa y homogénea, y a su ingenioso diseño con la entrada de aire en su parte inferior, consigue armonizar con todo tipo de interiores. También se ha incorporado una base extraíble para mejorar su estética. Y, gracias a su estructura de dos bloques, tiene diferentes posibilidades de instalación.

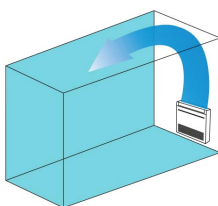
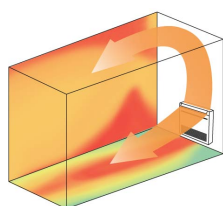


Una lama única para una distribución óptima del aire

El nuevo diseño con una lama única permite mayor flexibilidad en la instalación de la unidad y mantiene una distribución óptima del aire.

En modo calor la lama impulsa el aire caliente hacia arriba y hacia el suelo simultáneamente para facilitar el alcance de la temperatura de consigna más rápidamente. En modo frío impulsa el aire frío hacia arriba.

En la termografía podemos observar cómo la inclinación de la lama logra una mayor homogeneidad en la distribución del aire resultando en un mayor confort.

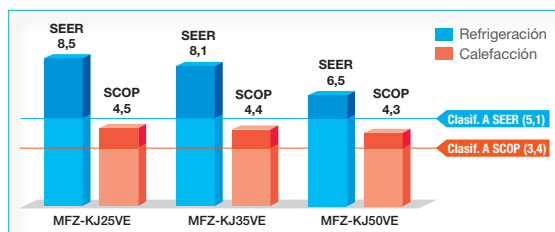




“Silent Mode” de solo 20dB



Un ambiente silencioso es un ambiente tranquilo. Conscientes de ello, desde Mitsubishi Electric hemos desarrollado una unidad con tan solo 20dB de nivel sonoro.

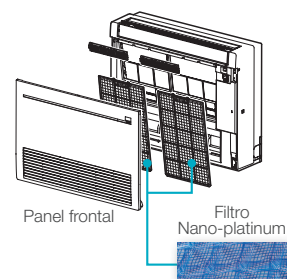


Eficiencia energética A+++

Con un SEER hasta 8,5 (A+++), la MFZ-KJ es una unidad muy eficiente lo que se deriva en un mayor ahorro en la factura de la luz.

Filtro Nano-platinum

La MFZ-KJ incorpora el potente filtro Nano-platinum. Gracias a la composición del filtro Nano-platinum es capaz de mejorar la calidad del aire y de eliminar las bacterias y virus. El filtro contiene partículas de platino-cerámica nanométricas que generan efectos antibacterianos y deodorizantes semipermanentes incluso después de lavarse con agua.



Máximo control y personalización

La MFZ-KJ incluye un completo control remoto que permite configurar la unidad de aire acondicionado a los requerimientos de cada usuario. Además incluye avanzadas prestaciones como el programador semanal o la función i-Save.

Prestaciones del nuevo control:



Programador semanal

Permite programar 4 activaciones/desactivaciones al día para cada día de la semana individualmente. Con un buen uso del programador se consigue un mayor confort al climatizar solo cuando es necesario y un mayor ahorro al asegurarse que nunca se queda la unidad encendida.



i-Save

Modo que permite memorizar una configuración del equipo (posición de las lamas, velocidad del ventilador y la temperatura) para recuperarla con un solo “click”.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



MFZ-KJ25/35/50VE



MUZF-KJ25/35VE



MUZF-KJ35VE



MODELO			MFZ-KJ25VE	MFZ-KJ35VE	MFZ-KJ50VE
Unidad interior			MFZ-KJ25VE	MFZ-KJ35VE	MFZ-KJ50VE
Unidad exterior			MUZF-KJ25VE	MUZF-KJ35VE	MUZF-KJ50VE
Capacidad	Frio Nominal (Min-Max)	kW	2,5 (0,5-3,4)	3,5 (0,5-3,7)	5 (1,6 - 5,7)
	Calor Nominal (Min-Max)	kW	3,4 (1,2-4,6)	4,3 (1,2-5,5)	6 (2,2 - 8,2)
Consumo Nominal	Frio	kW	0,54	0,94	1,410
	Calor	kW	0,77	1,1	1,61
Coeficiente energético	EER / COP		4,63 / 4,42	3,72 / 3,91	3,55 / 3,73
	SEER (Rango)		8,5 (A+++)	8,1 (A++)	6,5 (A++)
	SCOP (Rango)* Zona climática intermedia		4,5 (A+)	4,4 (A+)	4,3 (A+)
	SCOP (Rango)* Zona climática cálida		5,1 (A+++)	5,3 (A+++)	5,8 (A+++)
Unidad Interior	Caudal de aire (Silent/Baja/Media/Alta/Máx)	m³/Min	3,9 / 4,9 / 5,9 / 7,1 / 8,2	3,9 / 4,9 / 5,9 / 7,1 / 8,2	5,6 / 6,7 / 8,0 / 9,3 / 10,6
	Nivel sonoro (Silent/Baja/Media/Alta/Máx)	dB(A)	20 / 25 / 30 / 35 / 39	20 / 25 / 30 / 35 / 39	27 / 31 / 35 / 39 / 44
	Potencia sonora	dB(A)	49	50	56
	Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	mm	600 x 750 x 215	600 x 750 x 215	600 x 750 x 215
	Peso	kg	15	15	15
Unidad Exterior	Caudal de aire	m³/Min	31,3	31,3	45,8
	Nivel sonoro	dB(A)	46	47	49
	Potencia sonora	dB(A)	59	60	63
	Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	mm	550 x 800 x 285	550 x 800 x 285	880 X 840 X 330
	Peso	kg	37	37	55
Tensión - Intensidad Máxima			A	9,4	14
Diámetro de tuberías líquido/gas			mm	6,35 / 9,52	6,35 / 12,7
Long. Máx. tubería vertical/total			m	12 / 20	15 / 30

* Rendimiento estacional según directiva ErP



Nuestros equipos de aire acondicionado y bombas de calor contienen los gases fluorados de efecto invernadero R410A, R407C y R134a.

Mitsubishi Electric Europe, B.V.

Sucursal en España
Ctra. de Rubí, 76-80 Apdo. 420
E-08174 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)
Tel. 902 400 744
www.mitsubishielectric.es



for a greener tomorrow

ECO Changes es la declaración medioambiental de Mitsubishi Electric, y expresa la posición del Grupo sobre la gestión medioambiental. A través de una amplia gama de negocios, Mitsubishi Electric contribuye a la consecución de una sociedad sostenible.



Edición 7'15
11000MFZKJ2013



En **Mitsubishi Electric** queremos colaborar con usted para preservar el **medio ambiente**. Por eso, le recomendamos que cuando este folleto ya no le sea útil, lo deposite en un contenedor de papel para reciclar



Apéndice C

Memoria de Cálculo de la Estructura

ÍNDICE

1.- DATOS DE OBRA.....	2
1.1.- Normas consideradas.....	2
1.2.- Estados límite.....	2
1.2.1.- Situaciones de proyecto.....	2
1.2.2.- Combinaciones.....	4
1.3.- Sismo	7
1.3.1.- Datos generales de sismo.....	7
2.- ESTRUCTURA.....	7
2.1.- Geometría.....	7
2.1.1.- Nudos.....	7
2.1.2.- Barras.....	8
2.2.- Cargas.....	12
2.2.1.- Barras.....	12
2.3.- Resultados.....	13
2.3.1.- Barras.....	13
2.3.2.- Sismo	117
2.4.- Uniones.....	122
2.4.1.- Especificaciones para uniones soldadas.....	122
2.4.2.- Especificaciones para uniones atornilladas.....	123
2.4.3.- Referencias y simbología.....	124
2.4.4.- Comprobaciones en placas de anclaje.....	126
2.4.5.- Memoria de cálculo.....	127
2.4.6.- Medición.....	149



1.- DATOS DE OBRA

1.1.- Normas consideradas

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Categoría de uso: G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento

1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias
- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Situaciones sísmicas
- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{A_E} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{A_E} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

- Donde:

- G_k Acción permanente
- P_k Acción de pretensado
- Q_k Acción variable
- A_E Acción sísmica
- γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica
- $\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Notas:

⁽¹⁾ Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000



Listados

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

1.2.2.- Combinaciones

- Nombres de las hipótesis

PP	Peso propio
CM1-MITO	Mito superior
CM2-CaLMa1	3 tubos desnudos
TRISTAN	Tristán
CM3-CaLMa2	NM64
Q1-Técnico	Técnico en mantenimiento
SX	Sismo X
SY	Sismo Y

- E.L.U. de rotura. Acero laminado



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Comb.	PP	CM1-MITO	CM2-CaLMa1	TRISTAN	CM3-CaLMa2	Q1-Técnico	SX	SY
1	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800			
2	1.350	0.800	0.800	0.800	0.800			
3	0.800	1.350	0.800	0.800	0.800			
4	1.350	1.350	0.800	0.800	0.800			
5	0.800	0.800	1.350	0.800	0.800			
6	1.350	0.800	1.350	0.800	0.800			
7	0.800	1.350	1.350	0.800	0.800			
8	1.350	1.350	1.350	0.800	0.800			
9	0.800	0.800	0.800	1.350	0.800			
10	1.350	0.800	0.800	1.350	0.800			
11	0.800	1.350	0.800	1.350	0.800			
12	1.350	1.350	0.800	1.350	0.800			
13	0.800	0.800	1.350	1.350	0.800			
14	1.350	0.800	1.350	1.350	0.800			
15	0.800	1.350	1.350	1.350	0.800			
16	1.350	1.350	1.350	1.350	0.800			
17	0.800	0.800	0.800	0.800	1.350			
18	1.350	0.800	0.800	0.800	1.350			
19	0.800	1.350	0.800	0.800	1.350			
20	1.350	1.350	0.800	0.800	1.350			
21	0.800	0.800	1.350	0.800	1.350			
22	1.350	0.800	1.350	0.800	1.350			
23	0.800	1.350	1.350	0.800	1.350			
24	1.350	1.350	1.350	0.800	1.350			
25	0.800	0.800	0.800	1.350	1.350			
26	1.350	0.800	0.800	1.350	1.350			
27	0.800	1.350	0.800	1.350	1.350			
28	1.350	1.350	0.800	1.350	1.350			
29	0.800	0.800	1.350	1.350	1.350			
30	1.350	0.800	1.350	1.350	1.350			
31	0.800	1.350	1.350	1.350	1.350			
32	1.350	1.350	1.350	1.350	1.350			
33	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	1.500		
34	1.350	0.800	0.800	0.800	0.800	1.500		
35	0.800	1.350	0.800	0.800	0.800	1.500		
36	1.350	1.350	0.800	0.800	0.800	1.500		
37	0.800	0.800	1.350	0.800	0.800	1.500		
38	1.350	0.800	1.350	0.800	0.800	1.500		
39	0.800	1.350	1.350	0.800	0.800	1.500		
40	1.350	1.350	1.350	0.800	0.800	1.500		
41	0.800	0.800	0.800	1.350	0.800	1.500		
42	1.350	0.800	0.800	1.350	0.800	1.500		
43	0.800	1.350	0.800	1.350	0.800	1.500		



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Comb.	PP	CM1-MITO	CM2-CaLMa1	TRISTAN	CM3-CaLMa2	Q1-Técnico	SX	SY
44	1.350	1.350	0.800	1.350	0.800	1.500		
45	0.800	0.800	1.350	1.350	0.800	1.500		
46	1.350	0.800	1.350	1.350	0.800	1.500		
47	0.800	1.350	1.350	1.350	0.800	1.500		
48	1.350	1.350	1.350	1.350	0.800	1.500		
49	0.800	0.800	0.800	0.800	1.350	1.500		
50	1.350	0.800	0.800	0.800	1.350	1.500		
51	0.800	1.350	0.800	0.800	1.350	1.500		
52	1.350	1.350	0.800	0.800	1.350	1.500		
53	0.800	0.800	1.350	0.800	1.350	1.500		
54	1.350	0.800	1.350	0.800	1.350	1.500		
55	0.800	1.350	1.350	0.800	1.350	1.500		
56	1.350	1.350	1.350	0.800	1.350	1.500		
57	0.800	0.800	0.800	1.350	1.350	1.500		
58	1.350	0.800	0.800	1.350	1.350	1.500		
59	0.800	1.350	0.800	1.350	1.350	1.500		
60	1.350	1.350	0.800	1.350	1.350	1.500		
61	0.800	0.800	1.350	1.350	1.350	1.500		
62	1.350	0.800	1.350	1.350	1.350	1.500		
63	0.800	1.350	1.350	1.350	1.350	1.500		
64	1.350	1.350	1.350	1.350	1.350	1.500		
65	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-0.300	-1.000
66	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		0.300	-1.000
67	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000	-0.300
68	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000	0.300
69	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		0.300	1.000
70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-0.300	1.000
71	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	0.300
72	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	-0.300

▪ Desplazamientos

Comb.	PP	CM1-MITO	CM2-CaLMa1	TRISTAN	CM3-CaLMa2	Q1-Técnico	SX	SY
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000	
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	
6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			-1.000
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000
9	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

1.3.- Sismo

Norma utilizada: NCSE-02

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02

Método de cálculo: Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2)

1.3.1.- Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

 a_b : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b : 0.200 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Sistema estructural

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad baja

W: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

W : 5.00 %

Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2): Construcciones de importancia normal

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 1.00

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.00

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

2.- ESTRUCTURA

2.1.- Geometría

2.1.1.- Nudos

Referencias:

 $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$: Desplazamientos prescritos en ejes globales. $\theta_x, \theta_y, \theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.
Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

Referencia	Nudos									
	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N2	0.000	0.000	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	0.700	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N4	0.700	0.000	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado



Listados

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N5	1.400	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N6	1.400	0.000	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N7	2.100	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N8	2.100	0.000	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N9	0.000	0.000	0.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	0.000	0.000	1.350	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	0.000	0.000	1.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	2.100	0.000	0.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	2.100	0.000	1.350	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N14	2.100	0.000	1.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	0.700	-1.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N16	0.700	-1.800	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N17	1.400	-1.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N18	1.400	-1.800	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N19	0.000	-1.800	1.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N20	2.100	-1.800	1.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N21	0.000	-1.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N22	0.000	-1.800	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N23	0.000	-1.800	0.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N24	0.000	-1.800	1.350	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N25	2.100	-1.800	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N26	2.100	-1.800	0.250	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N27	2.100	-1.800	0.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N28	2.100	-1.800	1.350	-	-	-	-	-	-	Empotrado

2.1.2.- Barras

2.1.2.1.- Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Notación: E: Módulo de elasticidad ν : Módulo de Poisson G: Módulo de cortadura f_y : Límite elástico α_t : Coeficiente de dilatación γ : Peso específico							



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

2.1.2.2.- Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N3/N4	N3/N4	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N5/N6	N5/N6	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N11/N14	N11/N14	IPE 100 (IPE)	0.060	1.980	0.060	1.00	1.00	-	-
		N1/N2	N1/N11	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N2/N9	N1/N11	HE 120 B (HEB)	0.050	0.550	0.050	1.00	1.00	-	-
		N9/N10	N1/N11	HE 120 B (HEB)	0.050	0.350	0.050	1.00	1.00	-	-
		N10/N11	N1/N11	HE 120 B (HEB)	0.050	0.150	0.050	1.00	1.00	-	-
		N7/N8	N7/N14	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N8/N12	N7/N14	HE 120 B (HEB)	0.050	0.550	0.050	1.00	1.00	-	-
		N12/N13	N7/N14	HE 120 B (HEB)	0.050	0.350	0.050	1.00	1.00	-	-
		N13/N14	N7/N14	HE 120 B (HEB)	0.050	0.150	0.050	1.00	1.00	-	-
		N15/N16	N15/N16	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N17/N18	N17/N18	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N19/N20	N19/N20	IPE 100 (IPE)	0.060	1.980	0.060	1.00	1.00	-	-
		N21/N22	N21/N19	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N22/N23	N21/N19	HE 120 B (HEB)	0.050	0.550	0.050	1.00	1.00	-	-
		N23/N24	N21/N19	HE 120 B (HEB)	0.050	0.350	0.050	1.00	1.00	-	-
		N24/N19	N21/N19	HE 120 B (HEB)	0.050	0.150	0.050	1.00	1.00	-	-
		N25/N26	N25/N20	HE 120 B (HEB)	-	0.200	0.050	1.00	1.00	-	-
		N26/N27	N25/N20	HE 120 B (HEB)	0.050	0.550	0.050	1.00	1.00	-	-
		N27/N28	N25/N20	HE 120 B (HEB)	0.050	0.350	0.050	1.00	1.00	-	-
		N28/N20	N25/N20	HE 120 B (HEB)	0.050	0.150	0.050	1.00	1.00	-	-
		N22/N2	N22/N2	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
		N16/N4	N16/N4	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
		N18/N6	N18/N6	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
		N26/N8	N26/N8	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
		N23/N9	N23/N9	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-



Listados

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N24/N10	N24/N10	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
		N27/N12	N27/N12	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
		N28/N13	N28/N13	IPE 100 (IPE)	0.060	1.680	0.060	1.00	1.00	-	-
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final b_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' b_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb _{sup.} : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb _{inf.} : Separación entre arriostramientos del ala inferior											

2.1.2.3.- Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N3/N4, N5/N6, N1/N11, N7/N14, N15/N16, N17/N18, N21/N19 y N25/N20
2	N11/N14, N19/N20, N22/N2, N16/N4, N18/N6, N26/N8, N23/N9, N24/N10, N27/N12 y N28/N13

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	A _{vy} (cm²)	A _{vz} (cm²)	I _{yy} (cm⁴)	I _{zz} (cm⁴)	I _t (cm⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	HE 120 B, (HEB)	34.00	19.80	5.73	864.40	317.50	13.84
		2	IPE 100, (IPE)	10.30	4.70	3.27	171.00	16.00	1.20
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal A _{vy} : Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' A _{vz} : Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' I _{yy} : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' I _{zz} : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' I _t : Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

2.1.2.4.- Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N3/N4	HE 120 B (HEB)	0.250	0.001	6.67
		N5/N6	HE 120 B (HEB)	0.250	0.001	6.67
		N11/N14	IPE 100 (IPE)	2.100	0.002	16.98
		N1/N11	HE 120 B (HEB)	1.600	0.005	42.70
		N7/N14	HE 120 B (HEB)	1.600	0.005	42.70
		N15/N16	HE 120 B (HEB)	0.250	0.001	6.67
		N17/N18	HE 120 B (HEB)	0.250	0.001	6.67
		N19/N20	IPE 100 (IPE)	2.100	0.002	16.98
		N21/N19	HE 120 B (HEB)	1.600	0.005	42.70
		N25/N20	HE 120 B (HEB)	1.600	0.005	42.70
		N22/N2	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N16/N4	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N18/N6	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N26/N8	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N23/N9	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N24/N10	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N27/N12	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
		N28/N13	IPE 100 (IPE)	1.800	0.002	14.55
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final						

2.1.2.5.- Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 120 B	7.400	7.400	26.000	0.025	0.025	0.044	197.51	197.51	347.90
		HEB	IPE 100	18.600	18.600		0.019	0.019		150.39	150.39	
		IPE										

2.1.2.6.- Medición de superficies

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
HEB	HE 120 B	0.707	7.400	5.232
IPE	IPE 100	0.412	18.600	7.659
Total				12.891



2.2.- Cargas

2.2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N3/N4	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N6	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N14	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N14	TRISTAN	Uniforme	1.170	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N9	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N10	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N11	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N12	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N13	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N14	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N16	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N18	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	TRISTAN	Uniforme	1.170	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N23	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N23/N24	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N19	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N26	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N27	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N28	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N20	Peso propio	Uniforme	0.262	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N2	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N2	CM2-CalMa1	Uniforme	5.950	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N4	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N4	CM2-CalMa1	Uniforme	11.900	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N6	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N6	CM2-CalMa1	Uniforme	11.900	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N8	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N8	CM2-CalMa1	Uniforme	5.950	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N9	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N9	CM3-CalMa2	Uniforme	0.788	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N10	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N10	CM1-MITO	Uniforme	0.315	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N12	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N12	CM3-CalMa2	Uniforme	0.788	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N13	Peso propio	Uniforme	0.079	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N13	CM1-MITO	Uniforme	0.315	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

2.3.- Resultados

2.3.1.- Barras

2.3.1.1.- Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N3/N4	0.000	0.00	0.100	0.01	0.000	0.00	0.100	0.01
	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N5/N6	0.000	0.00	0.100	0.01	0.000	0.00	0.100	0.01
	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N11/N14	0.396	0.00	0.990	0.25	0.396	0.00	0.990	0.25
	-	L/(>1000)	0.990	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.990	L/(>1000)



Listados

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N1/N11	1.075	0.04	0.525	0.01	1.075	0.04	0.525	0.01
	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N7/N14	1.075	0.04	0.525	0.01	1.075	0.04	0.525	0.01
	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N15/N16	0.000	0.00	0.100	0.01	0.000	0.00	0.100	0.01
	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N17/N18	0.000	0.00	0.100	0.01	0.000	0.00	0.100	0.01
	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N19/N20	0.396	0.00	0.990	0.25	0.396	0.00	0.990	0.25
	-	L/(>1000)	0.990	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.990	L/(>1000)
N21/N19	1.075	0.04	0.525	0.01	1.075	0.04	0.525	0.01
	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N25/N20	1.075	0.04	0.525	0.01	1.075	0.04	0.525	0.01
	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)	1.075	L/(>1000)	0.100	L/(>1000)
N22/N2	0.420	0.00	0.840	0.46	0.420	0.00	0.840	0.46
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N16/N4	0.000	0.00	0.840	0.97	0.000	0.00	0.840	0.97
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N18/N6	0.000	0.00	0.840	0.97	0.000	0.00	0.840	0.97
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N26/N8	1.260	0.00	0.840	0.46	1.260	0.00	0.840	0.46
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N23/N9	0.420	0.00	0.840	0.06	0.420	0.00	0.840	0.06
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N24/N10	1.260	0.00	0.840	0.03	1.260	0.00	0.840	0.03
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N27/N12	0.420	0.00	0.840	0.06	0.420	0.00	0.840	0.06
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)
N28/N13	0.420	0.00	0.840	0.03	0.420	0.00	0.840	0.03
	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.840	L/(>1000)

2.3.1.2.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Nota: Se muestra el listado completo de comprobaciones realizadas para las 10 barras con mayor coeficiente de aprovechamiento.



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N16/N4

Perfil: IPE 100

Material: Acero (S275)

Material: A36 (Q235)

A diagram of an IPE 100 profile. The vertical axis is labeled 'Z' with a green dashed line, and the horizontal axis is labeled 'Y' with a blue dashed line. The profile is shown in a light gray color.

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
N16	N4	1.800	10.30	171.00	16.00	1.20		
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme								
	Pandeo		Pandeo lateral					
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.			
β	1.00	1.00	0.00		0.00			
L _k	1.800	1.800	0.000		0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000		1.000			
C ₁	-			1.000				
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								



Listados

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.66} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{171.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{16.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{352.51} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.800} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.800} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{4.26} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.07} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.25} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

21.61 ≤ 246.60 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w : 88.60 mm

t_w : 4.10 mm

A_w : 3.63 cm²

$A_{fc,ef}$: 3.14 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.025 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.086 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 6.71 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 269.76 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa



Listados

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{77.81} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.66}$$

$$f_z : \underline{2.13}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.353 ✓

Para flexión positiva:

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 3.64 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 10.32 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

 $W_{pl,y}$: 39.41 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.235} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{14.55} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.10} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$21.61 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{21.61}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

I_{max} : Esbeltez máxima.

$$I_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$14.55 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 14.55 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 62.00 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : 0.378$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.383$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.300$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 6.71 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 3.64 kN·m

$M_{z,Ed}$: 0.00 kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$: 269.76 kN



Listados

Fecha: 19/12/17

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{2.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{39.41} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{9.15} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.12}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$14.55 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{14.55} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{62.00} \text{ kN}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



Listados

Barra N18/N6

Perfil: IPE 100

Material: Acero (S275)

Material: A36 (Q235)

The diagram shows a vertical IPE 100 profile. A horizontal dashed blue line represents the Y-axis, passing through the center of the web. A vertical dashed green line represents the Z-axis, passing through the center of the web and the flanges.

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)			
N18	N6	1.800	10.30	171.00	16.00	1.20			
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme									
	Pandeo		Pandeo lateral						
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β	1.00	1.00	0.00	0.00					
L _k	1.800	1.800	0.000	0.000					
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000					
C ₁	-		1.000						
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico									



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

 $\bar{\lambda} : \underline{1.66} \quad \checkmark$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.30 cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 102.35 kN

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 1093.88 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 102.35 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 171.00 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 16.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 1.20 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 352.51 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 1.800 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 1.800 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 4.26 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 4.07 cm

i_z : 1.25 cm

y_0 , z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm



Listados

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$21.61 \leq 246.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{88.60} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{3.63} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.086} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{6.71} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{77.81} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.66}$$

$$f_z : \underline{2.13}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.353} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{39.41} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.235} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{14.55} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.10} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$21.61 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{21.61}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

I_{max} : Esbeltez máxima.

$$I_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$14.55 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{14.55} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.378} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.383} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.300} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{6.71} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{3.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	<u>10.32</u>	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	<u>2.40</u>	kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)			
A: Área de la sección bruta.	A :	<u>10.30</u>	cm ²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	<u>39.41</u>	cm ³
	$W_{pl,z}$:	<u>9.15</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>261.90</u>	MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$			
Siendo:			
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>275.00</u>	MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	<u>1.05</u>	
k_y , k_z : Coeficientes de interacción.			
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y :	<u>1.01</u>	
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z :	<u>1.12</u>	
$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
	$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y :	<u>0.92</u>	
	c_z :	<u>0.29</u>	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.51</u>	
	$\bar{\lambda}_z$:	<u>1.66</u>	
a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y :	<u>0.60</u>	
	a_z :	<u>0.60</u>	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$14.55 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{14.55} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{62.00} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N26/N8

Perfil: IPE 100

Material: Acero (S275)

Material: A36 (Q235)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)			
N26	N8	1.800	10.30	171.00	16.00	1.20			
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme									
	Pandeo		Pandeo lateral						
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β	1.00	1.00	0.00	0.00					
L _k	1.800	1.800	0.000	0.000					
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000					
C ₁	-		1.000						
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico									



Listados

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.66} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{171.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{16.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{352.51} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.800} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.800} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{4.26} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.07} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.25} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

21.61 ≤ 246.60 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w : 88.60 mm

t_w : 4.10 mm

A_w : 3.63 cm²

$A_{fc,ef}$: 3.14 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.004 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 0.99 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 269.76 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa



Listados

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{77.81} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.66}$$

$$f_z : \underline{2.13}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.181 ✓

Para flexión positiva:

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 1.87 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 10.32 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

 $W_{pl,y}$: 39.41 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.118} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.33} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.10} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$21.61 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{21.61}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

I_{max} : Esbeltez máxima.

$$I_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.33 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.33 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 62.00 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : 0.185$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.185$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.121$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 0.99 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 1.87 kN·m

$M_{z,Ed}$: 0.00 kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$: 269.76 kN



Listados

Fecha: 19/12/17

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{2.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{39.41} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{9.15} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.02}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.33 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.33} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{62.00} \text{ kN}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.740 m del nudo N26, para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.51} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{2.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



Listados

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{2.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Barra N22/N2

Perfil: IPE 100

Material: Acero (S275)

Material: A36 (Q235)

A diagram of an IPE 100 profile. The vertical axis is labeled 'Z' with a green dashed line, and the horizontal axis is labeled 'Y' with a blue dashed line. The profile is shown in a light gray color.

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N22	N2	1.800	10.30	171.00	16.00	1.20

Notas:

⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado

⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L _k	1.800	1.800	0.000	0.000
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000
C ₁	-		1.000	

Notación:

b: Coeficiente de pandeo

L_k: Longitud de pandeo (m)

C_m: Coeficiente de momentos

C₁: Factor de modificación para el momento crítico



Listados

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.66} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{171.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{16.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{352.51} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.800} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.800} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{4.26} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.07} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.25} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

21.61 ≤ 246.60 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w : 88.60 mm

t_w : 4.10 mm

A_w : 3.63 cm²

$A_{fc,ef}$: 3.14 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.004 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 0.99 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 269.76 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa



Listados

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{77.81} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.66}$$

$$f_z : \underline{2.13}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1093.88} \text{ kN}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{102.35} \text{ kN}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.181 ✓

Para flexión positiva:

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 1.87 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 10.32 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

 $W_{pl,y}$: 39.41 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.118} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.33} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.10} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$21.61 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{21.61}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

I_{max} : Esbeltez máxima.

$$I_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.33 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.33} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.185}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.185}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.121}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMA1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CaLMA2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.99} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{1.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$



Listados

Fecha: 19/12/17

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{2.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{39.41} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{9.15} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.02}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.29}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.33 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.33} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{62.00} \text{ kN}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.089 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.740 m del nudo N22, para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 5.51 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 62.00 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 62.00 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.00 MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

W_t : 2.11 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05



Listados

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{2.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N15/N16

Perfil: HE 120 B

Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N15	N16	0.250	34.00	864.40	317.50	13.84
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.
β	1.00		1.00	0.00		0.00
L _k	0.250		0.250	0.000		0.000
C _m	1.000		1.000	1.000		1.000
C ₁	-			1.000		
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

 $\bar{\lambda} : \underline{\quad 0.09 \quad}$ ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 105288.94 kN

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:



Listados

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	864.40	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	317.50	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	13.84	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	9410.00	cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	81000	MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.250	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.250	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	5.90	cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y :	5.04	cm
i_z :	3.06	cm
y_o :	0.00	mm
z_o :	0.00	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w :	98.00	mm
t_w :	6.50	mm
A_w :	6.37	cm ²
$A_{fc,ef}$:	13.20	cm ²
k :	0.30	
E :	210000	MPa
f_{yf} :	275.00	MPa



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 14.64 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 890.48 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\lambda \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

λ : Esbeltez reducida.

λ : 0.09

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 105288.94 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 286651.21 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 105288.94 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+sx+0.3·SY.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$15.08 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{15.08}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.29 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-SX-0.3-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{14.57} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>1.00</u>
\bar{I}_y, \bar{I}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	\bar{I}_y : <u>0.06</u>
	\bar{I}_z : <u>0.09</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-0.3·SX-SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N3/N4

Perfil: HE 120 B

Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N3	N4	0.250	34.00	864.40	317.50	13.84
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _k	0.250	0.250	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 0.09 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.N_{cr} : 105288.94 kNEl axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:



Listados

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	864.40	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	317.50	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	13.84	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	9410.00	cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	81000	MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.250	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.250	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	5.90	cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y :	5.04	cm
i_z :	3.06	cm
y_o :	0.00	mm
z_o :	0.00	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.
 t_w : Espesor del alma.
 A_w : Área del alma.
 $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.
 k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.
 E : Módulo de elasticidad.
 f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w :	98.00	mm
t_w :	6.50	mm
A_w :	6.37	cm ²
$A_{fc,ef}$:	13.20	cm ²
k :	0.30	
E :	210000	MPa
f_{yf} :	275.00	MPa



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.N_{c,Ed} : 14.64 kNLa resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 890.48 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPag_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.g_{M0} : 1.05**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\lambda \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

 λ : Esbeltez reducida. λ : 0.09

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 105288.94 kN

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kNN_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.N_{cr,T} : ∞



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.027 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX+0.3·SY.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.57 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.57 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 21.21 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 80.97 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$15.08 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{15.08}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.29 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-SX-0.3-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{14.57} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>1.00</u>
\bar{I}_y, \bar{I}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	\bar{I}_y : <u>0.06</u>
	\bar{I}_z : <u>0.09</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2+0.3·SX+SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

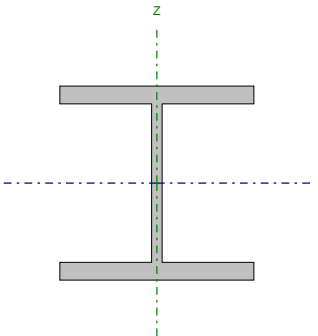
Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N5/N6

Perfil: HE 120 B

Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N5	N6	0.250	34.00	864.40	317.50	13.84
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _k	0.250	0.250	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 0.09 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.N_{cr} : 105288.94 kNEl axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:



Listados

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	864.40	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	317.50	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	13.84	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	9410.00	cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	81000	MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.250	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.250	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	5.90	cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y :	5.04	cm
i_z :	3.06	cm
y_o :	0.00	mm
z_o :	0.00	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w :	98.00	mm
t_w :	6.50	mm
A_w :	6.37	cm ²
$A_{fc,ef}$:	13.20	cm ²
k :	0.30	
E :	210000	MPa
f_{yf} :	275.00	MPa



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 14.64 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 890.48 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\lambda \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

λ : Esbeltez reducida.

λ : 0.09

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 105288.94 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 286651.21 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 105288.94 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.027 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX+0.3·SY.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.57 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.57 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 21.21 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 80.97 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$15.08 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{15.08}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$I_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$I_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.29 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-SX-0.3-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{14.57} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>1.00</u>
\bar{I}_y, \bar{I}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	\bar{I}_y : <u>0.06</u>
	\bar{I}_z : <u>0.09</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2+0.3·SX+SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N17/N18

Perfil: HE 120 B

Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N17	N18	0.250	34.00	864.40	317.50	13.84
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.
β	1.00		1.00	0.00		0.00
L _k	0.250		0.250	0.000		0.000
C _m	1.000		1.000	1.000		1.000
C ₁	-			1.000		
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

 $\bar{\lambda} : \underline{\quad 0.09 \quad}$ ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.N_{cr} : 105288.94 kNEl axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:



Listados

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	864.40	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	317.50	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	13.84	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	9410.00	cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	81000	MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.250	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.250	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	5.90	cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y :	5.04	cm
i_z :	3.06	cm
y_o :	0.00	mm
z_o :	0.00	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w :	98.00	mm
t_w :	6.50	mm
A_w :	6.37	cm ²
$A_{fc,ef}$:	13.20	cm ²
k :	0.30	
E :	210000	MPa
f_{yf} :	275.00	MPa



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.N_{c,Ed} : 14.64 kNLa resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 890.48 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPag_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.g_{M0} : 1.05**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal. $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. $\bar{\lambda}$: 0.09

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:N_{cr} : 105288.94 kNN_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.N_{cr,y} : 286651.21 kNN_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.N_{cr,z} : 105288.94 kNN_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.N_{cr,T} : ∞



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX+0.3·SY.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$15.08 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{15.08}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$I_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$I_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.29 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-SX-0.3-SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1-MITO+1.35·CM2-CalMa1+0.8·TRISTAN+0.8·CM3-CalMa2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{14.57} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{4.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>1.00</u>
\bar{I}_y, \bar{I}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	\bar{I}_y : <u>0.06</u>
	\bar{I}_z : <u>0.09</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2-0.3·SX-SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.25 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.25} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N7/N8

Perfil: HE 120 B

Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N7	N8	0.250	34.00	864.40	317.50	13.84
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _k	0.250	0.250	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 0.09 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.N_{cr} : 105288.94 kNEl axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:



Listados

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	864.40	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	317.50	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	13.84	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	9410.00	cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	81000	MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.250	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.250	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	5.90	cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y :	5.04	cm
i_z :	3.06	cm
y_o :	0.00	mm
z_o :	0.00	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w :	98.00	mm
t_w :	6.50	mm
A_w :	6.37	cm ²
$A_{fc,ef}$:	13.20	cm ²
k :	0.30	
E :	210000	MPa
f_{yf} :	275.00	MPa



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMa1+1.35·TRISTAN+1.35·CM3-CaLMa2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.N_{c,Ed} : 11.19 kNLa resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 890.48 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPag_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.g_{M0} : 1.05**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)Para esbelteces $\lambda \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal. λ : Esbeltez reducida. λ : 0.09

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:N_{cr} : 105288.94 kNN_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.N_{cr,y} : 286651.21 kNN_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.N_{cr,z} : 105288.94 kNN_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.N_{cr,T} : ∞



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N7, para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3-SX-SY.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.043 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX+0.3·SY.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.91 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.50 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 21.21 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 80.97 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.16} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$15.08 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{15.08}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$I_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$I_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.42} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.16 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.16} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.42 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLma1+TRISTAN+CM3-CaLma2+SX+0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.42} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.047} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N7, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLma1+TRISTAN+CM3-CaLma2+SX+0.3·SY.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.58} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.51} \text{ kN·m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.91} \text{ kN·m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN·m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN·m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>1.00</u>
\bar{I}_y, \bar{I}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	\bar{I}_y : <u>0.06</u>
	\bar{I}_z : <u>0.09</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2+0.3·SX+SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$3.16 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.16} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX-SY.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N7, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$t_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



Listados

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N7, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.23} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{417.79} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$t_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

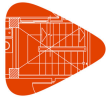
Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Barra N1/N2

Perfil: HE 120 B Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
	N1	N2	0.250	34.00	864.40	317.50	13.84
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _k	0.250	0.250	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 0.09 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.N_{cr} : 105288.94 kNEl axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 286651.21 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105288.94 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:



Listados

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	864.40	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	317.50	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	13.84	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	9410.00	cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	81000	MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.250	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.250	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	5.90	cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y :	5.04	cm
i_z :	3.06	cm
y_o :	0.00	mm
z_o :	0.00	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

h_w :	98.00	mm
t_w :	6.50	mm
A_w :	6.37	cm ²
$A_{fc,ef}$:	13.20	cm ²
k :	0.30	
E :	210000	MPa
f_{yf} :	275.00	MPa



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CM1-MITO+1.35·CM2-CaLMa1+1.35·TRISTAN+1.35·CM3-CaLMa2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.N_{c,Ed} : 11.19 kNLa resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 890.48 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPag_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.g_{M0} : 1.05**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)Para esbelteces $\lambda \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal. λ : Esbeltez reducida. λ : 0.09

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)f_y : 275.00 MPaN_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:N_{cr} : 105288.94 kNN_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.N_{cr,y} : 286651.21 kNN_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.N_{cr,z} : 105288.94 kNN_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.N_{cr,T} : ∞



Listados

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3-SX-SY.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.043 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX+0.3·SY.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.50 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.91 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 21.21 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 80.97 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05



Listados

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLma1+TRISTAN+CM3-CaLma2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.17} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$15.08 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

I_w : Esbeltez del alma.

$$I_w : \underline{15.08}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

I_{\max} : Esbeltez máxima.

$$I_{\max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{\max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.42} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.17 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+0.3·SX+SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.17} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.42 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.42} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.047} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-SX-0.3·SY.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.58} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>1.00</u>
\bar{I}_y, \bar{I}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	\bar{I}_y : <u>0.06</u>
	\bar{I}_z : <u>0.09</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CalMa1+TRISTAN+CM3-CalMa2+0.3·SX+SY.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$3.17 \text{ kN} \leq 58.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.17} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{117.94} \text{ kN}$$



Listados

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2-0.3·SX-SY.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.199 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.97} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{117.94} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



Listados

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones

PP+CM1-MITO+CM2-CaLMa1+TRISTAN+CM3-CaLMa2+SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.46} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{417.79} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$t_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

2.3.1.3.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_{w0}	N_{Ed}	N_{Ld}	M_{Ed}	M_{Ld}	V_{Ed}	V_{Ld}	$M_{V,Ed}$	$M_{V,Ld}$	NM_{Ed}	NM_{Ld}	$NM_{V,Ed}$	$NM_{V,Ld}$	$M_{V,Ed}$	
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0.2 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta = 6.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 11.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 11.2
N5/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0.2 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta = 6.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 11.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 11.2
N11/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0.9$	x: 0.06 m $\eta = 6.2$	x: 0.06 m $\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 2.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.06 m $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 6.3
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0.2 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	$\eta = 2.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 6.4
N2/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.4$	x: 0.05 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 2.4$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.05 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.325 m $\eta = 1.1$	x: 0.05 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 4.2
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.5$	x: 0.4 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.4 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.4$	x: 0.05 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 2.7
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.2 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 3.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta < 0.1$	CUMPLE h = 3.5
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0.2 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	$\eta = 2.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE h = 6.4
N8/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.4$	x: 0.05 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 2.4$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.05 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.599 m $\eta = 1.1$	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	CUMPLE h = 4.2
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.5$	x: 0.4 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.4 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.399 m $\eta = 0.4$	x: 0.399 m $\eta = 0.2$	CUMPLE h = 2.7
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.2 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 3.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta = 0.2$	CUMPLE h = 3.5
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0.2 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta = 6.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 11.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 11.2
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0.2 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta = 6.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 11.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 11.2
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0.9$	x: 0.06 m $\eta = 6.2$	x: 0.06 m $\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 2.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.06 m $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 6.3
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0.2 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	$\eta = 2.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.9$	x: 0.199 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 6.4
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.4$	x: 0.05 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 2.4$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.05 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.05 m $\eta = 1.3$	x: 0.325 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 4.2
N23/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.5$	x: 0.4 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.4 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.4$	x: 0.05 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 2.7
N24/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.2 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 3.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta < 0.1$	CUMPLE h = 3.5
N25/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0.2 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	$\eta = 2.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.9$	x: 0.199 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 6.4
N26/N27	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.4$	x: 0.05 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 2.4$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.05 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.05 m $\eta = 1.3$	x: 0.325 m $\eta = 0.1$	CUMPLE h = 4.2
N27/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.5$	x: 0.4 m $\eta = 2.3$	x: 0.05 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.4 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.4 m $\eta = 0.5$	x: 0.225 m $\eta = 0.2$	CUMPLE h = 2.7
N28/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.05 m $\eta = 0.2$	x: 0.2 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta = 3.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta < 0.1$	x: 0.199 m $\eta = 0.2$	CUMPLE h = 3.5
N22/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 1.3$	x: 0.06 m $\eta = 18.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.06 m $\eta = 11.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.06 m $\eta = 18.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 1.74 m $\eta = 8.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE h = 18.5
N16/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 8.6$	x: 0.06 m $\eta = 35.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.06 m $\eta = 23.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.06 m $\eta = 38.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 38.3
N18/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 8.6$	x: 0.06 m $\eta = 35.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.06 m $\eta = 23.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.06 m $\eta = 38.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 38.3
N26/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 1.3$	x: 0.06 m $\eta = 18.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.06 m $\eta = 11.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.06 m $\eta = 18.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 1.74 m $\eta = 8.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE h = 18.5
N23/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 1.7$	x: 0.06 m $\eta = 3.4$	x: 0.06 m $\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.74 m $\eta = 3.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.06 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE h = 3.8
N24/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0.8$	x: 0.06 m $\eta = 2.4$	x: 0.06 m $\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.74 m $\eta = 2.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 1.74 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE h = 2.6
N27/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 1.7$	x: 0.06 m $\eta = 3.4$	x: 0.06 m $\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.74 m $\eta = 3.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 1.74 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE h = 3.8
N28/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0.8$	x: 0.06 m $\eta = 2.4$	x: 0.06 m $\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.74 m $\eta = 2.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.06 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE h = 2.6

Notación:
 I.: Limitación de esbeltez
 I.: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N.: Resistencia a tracción
 N.: Resistencia a compresión
 M.: Resistencia a flexión eje Y
 M.: Resistencia a flexión eje Z
 V.: Resistencia a corte Z
 V.: Resistencia a corte Y
 M.V.: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M.V.: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM.M.: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM.M.V.: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M.: Resistencia a torsión
 M.V.: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M.V.: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽³⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

2.3.2.- Sismo

Norma utilizada: NCSE-02

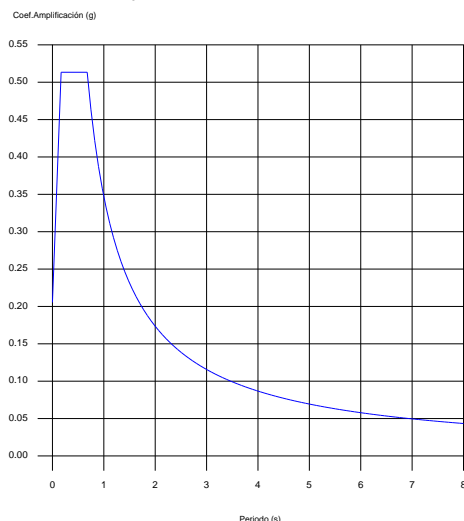


Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02

Método de cálculo: Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2)

2.3.2.1.- Espectro de cálculo

2.3.2.1.1.- Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = a_c \cdot \alpha(T)$$

Donde:

$$\alpha(T) = 1 + (2,5 \cdot v - 1) \cdot \frac{T}{T_A} \quad T < T_A$$

$$\alpha(T) = 2,5 \cdot v \quad T_A \leq T \leq T_B$$

$$\alpha(T) = \frac{K \cdot C}{T} \cdot v \quad T > T_B$$

es el espectro normalizado de respuesta elástica.

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.513 g.

NCSE-02 (2.2, 2.3 y 2.4)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

a_c : Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2)

a_c : 0.205 g

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

a_b : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

a_b : 0.200 g

r : Coeficiente adimensional de riesgo

r : 1.00

Tipo de construcción: Construcciones de importancia normal

S : Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2)

S : 1.03

$$S = \frac{C}{1,25}$$

$$\rho \cdot a_b \leq 0,1g$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

$$0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$$

$$S = 1,0$$

$$0,4g \leq \rho \cdot a_b$$

C : Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

a_b : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

a_b : 0.200 g

r : Coeficiente adimensional de riesgo

r : 1.00

n : Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5)

n : 1.00

$$v = \left(\frac{5}{\Omega} \right)^{0,4}$$

W : Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

W : 5.00 %



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

 T_A : Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A : 0.17 s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{10}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.30

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

 T_B : Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_B : 0.68 s

$$T_B = \frac{K \cdot C}{2,5}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.30

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

2.3.2.1.2.- Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (μ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \cdot \left(1 + \left(2,5 \cdot \frac{v}{\mu} - 1 \right) \cdot \frac{T}{T_A} \right) \quad T < T_A$$

$$S_a = a_c \cdot 2,5 \cdot \frac{v}{\mu} \quad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_c \cdot \frac{K \cdot C}{T} \cdot \frac{v}{\mu} \quad T > T_B$$

b: Coeficiente de respuesta

b : 0.50

$$\beta = \frac{v}{\mu}$$

n: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5)

n : 1.00

$$v = \left(\frac{5}{\Omega} \right)^{0,4}$$

W: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

W : 5.00 %

m: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1)

m : 2.00

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad baja

 a_c : Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) a_c : 0.205 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.30

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30 T_A : Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A : 0.17 s T_B : Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_B : 0.68 s

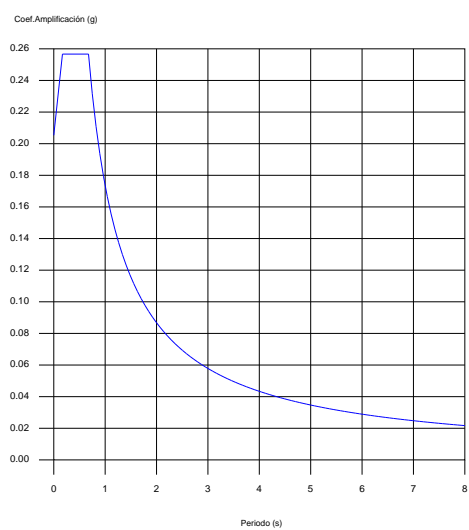
NCSE-02 (3.6.2.2)



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17





EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

2.3.2.2.- Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.020	1	0	28.35 %	0 %	R = 2 A = 2.073 m/s ² D = 0.02058 mm	R = 2 A = 2.073 m/s ² D = 0.02058 mm
Modo 2	0.017	0	1	0 %	28.35 %	R = 2 A = 2.066 m/s ² D = 0.01558 mm	R = 2 A = 2.066 m/s ² D = 0.01558 mm
Modo 3	0.020	1	0	28.35 %	0 %	R = 2 A = 2.073 m/s ² D = 0.02058 mm	R = 2 A = 2.073 m/s ² D = 0.02058 mm
Modo 4	0.017	0	1	0 %	28.35 %	R = 2 A = 2.066 m/s ² D = 0.01558 mm	R = 2 A = 2.066 m/s ² D = 0.01558 mm
Modo 5	0.077	1	0	17.3 %	0 %	R = 2 A = 2.245 m/s ² D = 0.34063 mm	R = 2 A = 2.245 m/s ² D = 0.34063 mm
Modo 6	0.076	1	0.0012	0 %	0 %	R = 2 A = 2.239 m/s ² D = 0.32347 mm	R = 2 A = 2.239 m/s ² D = 0.32347 mm
Modo 7	0.047	0	1	0 %	17.6 %	R = 2 A = 2.156 m/s ² D = 0.12306 mm	R = 2 A = 2.156 m/s ² D = 0.12306 mm
Modo 8	0.046	0	1	0 %	0 %	R = 2 A = 2.151 m/s ² D = 0.11523 mm	R = 2 A = 2.151 m/s ² D = 0.11523 mm
Modo 9	0.016	0	1	0 %	0 %	R = 2 A = 2.063 m/s ² D = 0.01407 mm	R = 2 A = 2.063 m/s ² D = 0.01407 mm
Modo 10	0.016	0.0121	0.9999	0 %	0.01 %	R = 2 A = 2.061 m/s ² D = 0.01277 mm	R = 2 A = 2.061 m/s ² D = 0.01277 mm
Modo 11	0.014	1	0	17.46 %	0 %	R = 2 A = 2.057 m/s ² D = 0.01046 mm	R = 2 A = 2.057 m/s ² D = 0.01046 mm
Modo 12	0.014	0.9766	0.215	0 %	0 %	R = 2 A = 2.055 m/s ² D = 0.00961 mm	R = 2 A = 2.055 m/s ² D = 0.00961 mm
Modo 13	0.012	0	1	0 %	23.02 %	R = 2 A = 2.05 m/s ² D = 0.00757 mm	R = 2 A = 2.05 m/s ² D = 0.00757 mm
Total				91.46 %	97.33 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

 L_x , L_y : Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis. M_x , M_y : Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

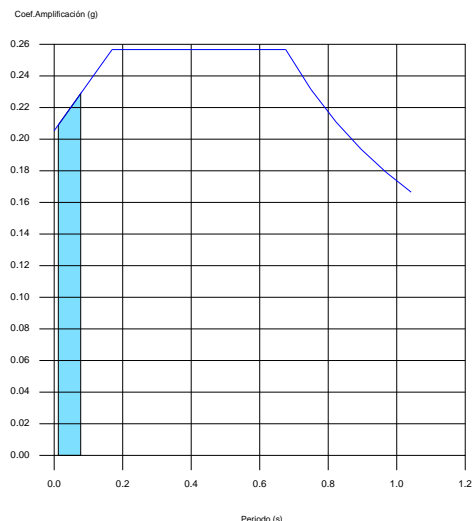
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.



Representación de los periodos modales



2.4.- Uniones

2.4.1.- Especificaciones para uniones soldadas

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275.
- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

Disposiciones constructivas:

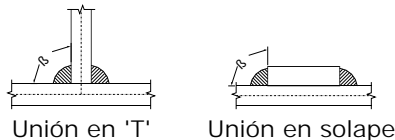
- 1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- 2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- 3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- 4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.
- 5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:

- Si se cumple que $\beta > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.



Listados

- Si se cumple que $\beta < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.



Comprobaciones:

- a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:

En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

- b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:

Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).

- c) Cordones de soldadura en ángulo:

Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

$$\text{Tensión de Von Mises } \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\text{Tensión normal } \sigma_{\perp} \leq K \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde $K = 1$.

Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

2.4.2.- Especificaciones para uniones atornilladas

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.5. Resistencia de los medios de unión. Uniones atornilladas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275.
- Clase de acero de los tornillos empleados: 8.8 (4.3.1 CTE DB SE-A).

Disposiciones constructivas:

- 1) Se han considerado las siguientes distancias mínimas y máximas entre ejes de agujeros y entre éstos y los bordes de las piezas:

Disposiciones constructivas para tornillos, según artículo 8.5.1 CTE DB SE-A						
Distancias	Al borde de la pieza		Entre agujeros		Entre tornillos	
	e1 ⁽¹⁾	e2 ⁽²⁾	p1 ⁽¹⁾	p2 ⁽²⁾	Compresión	Tracción
						Filas exteriores Filas interiores



Listados

Mínimas	1.2 do	1.5 do	2.2 do	3 do	p1 y p2	p1, e	p1, i
Máximas ⁽³⁾	40 mm + 4t 150 mm 12t		14t 200 mm		14t 200 mm	14t 200 mm	28t 400 mm
Notas: ⁽¹⁾ Paralela a la dirección de la fuerza ⁽²⁾ Perpendicular a la dirección de la fuerza ⁽³⁾ Se considera el menor de los valores do: Diámetro del agujero. t: Menor espesor de las piezas que se unen. En el caso de esfuerzos oblicuos, se interpolan los valores de manera que el resultado quede del lado de la seguridad.							

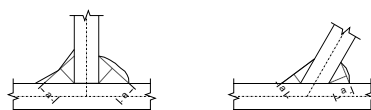
- 2) No deben soldarse ni los tornillos ni las tuercas.
- 3) Cuando los tornillos se dispongan en posición vertical, la tuerca se situará por debajo de la cabeza del tornillo.
- 4) Debe comprobarse antes de la colocación que las tuercas pueden desplazarse libremente sobre el tornillo correspondiente.
- 5) En cada tornillo se colocará una arandela en el lado de la cabeza y otra en el lado de la tuerca.
- 6) Los agujeros deben realizarse por taladrado u otro proceso que proporcione un acabado equivalente.
- 7) El punzonado se admite para piezas de hasta 15 mm de espesor, siempre que el espesor nominal de la pieza no sea mayor que el diámetro nominal del agujero (o dimensión mínima si el agujero no es circular). De realizar el punzonado, se recomienda realizarlo con un diámetro 3 mm menor que el diámetro definitivo y luego taladrar hasta el diámetro nominal.
- 8) Condiciones para el apriete de los tornillos ordinarios:
 - Cada conjunto de tornillo, tuerca y arandelas debe alcanzar la condición de "apretado a tope" sin sobrepretensar los tornillos. Esta condición es la que conseguiría un operario con la llave normal, sin brazo de prolongación.
 - Para los grandes grupos de tornillos, el apriete debe realizarse desde los tornillos centrales hacia el exterior e incluso realizar algún ciclo de apriete adicional.

Comprobaciones:

Se realizan las comprobaciones indicadas en los artículos 8.5.2, 8.8.3 y 8.8.6 de CTE DB SE-A.

2.4.3.- Referencias y simbología

a[mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.a CTE DB SE-A



L[mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

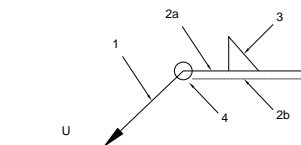
Método de representación de soldaduras



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados



Referencias:

1: línea de la flecha

2a: línea de referencia (línea continua)

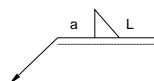
2b: línea de identificación (línea a trazos)

3: símbolo de soldadura

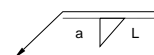
4: indicaciones complementarias

U: Unión

Referencias 1, 2a y 2b



El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.



El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

Referencia 3

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura en ángulo		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

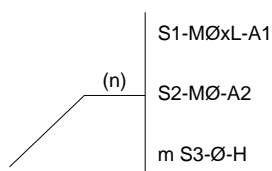


Listados

Referencia 4

Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje

Método de representación de los tornillos de una unión



Referencias:

n: Cantidad de tornillos

S1: Norma de especificación del tornillo

Ø[mm]: Diámetro nominal

L[mm]: Longitud nominal del tornillo

A1: Clase de calidad del acero del tornillo

S2: Norma de especificación de la tuerca

A2: Clase de calidad del acero de la tuerca

m: Cantidad de arandelas

S3: Norma de especificación de la arandela

H: Dureza de la arandela

2.4.4.- Comprobaciones en placas de anclaje

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

1. Hormigón sobre el que apoya la placa

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

2. Pernos de anclaje

Resistencia del material de los pernos: Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.

Anclaje de los pernos: Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).

Aplastamiento: Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

3. Placa de anclaje

Tensiones globales: En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

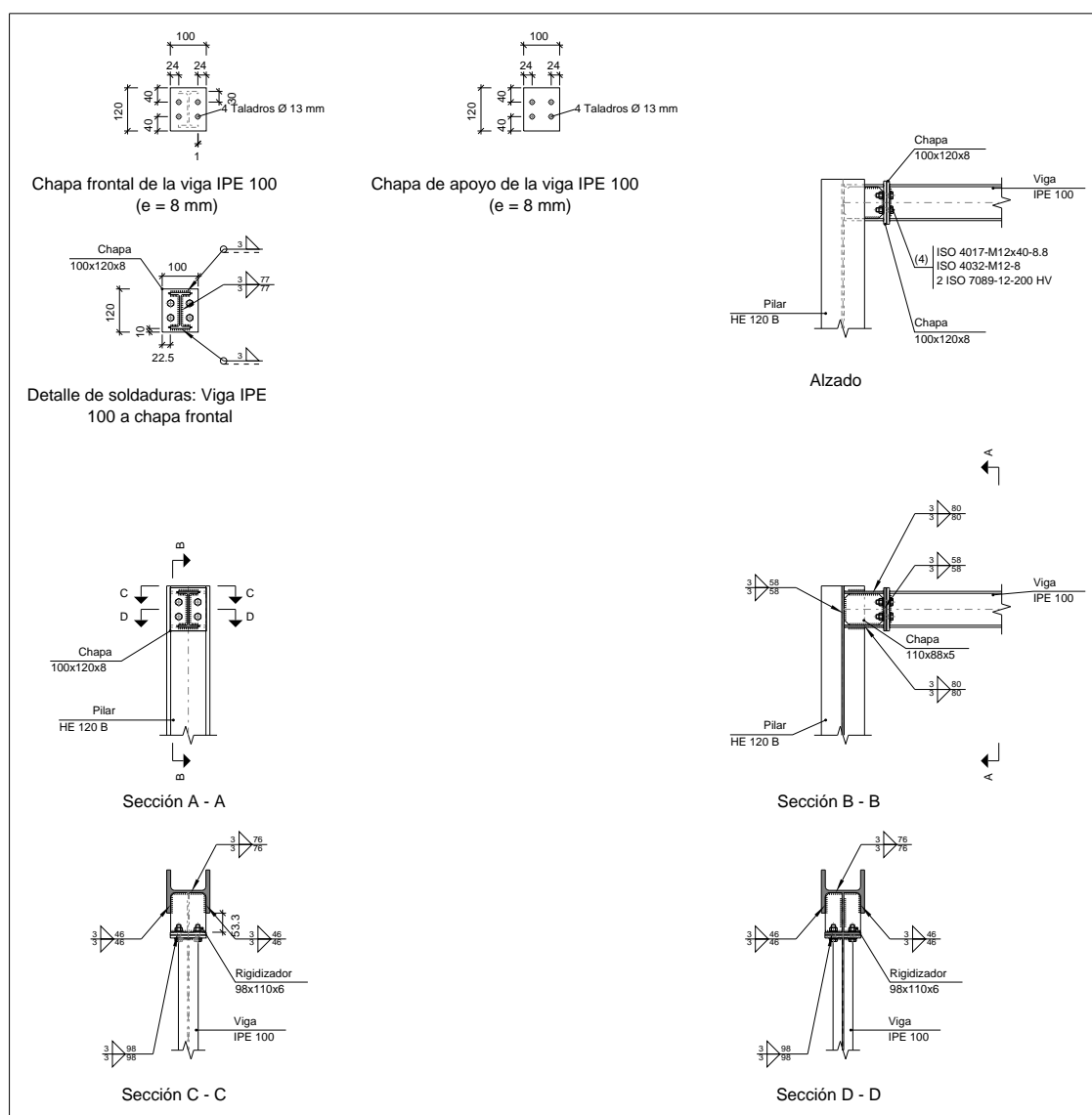
Flechas globales relativas: Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que $1/250$ del vuelo.

Tensiones locales: Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

2.4.5.- Memoria de cálculo

2.4.5.1.- Tipo 2

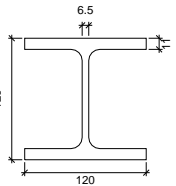
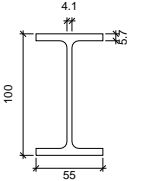
a) Detalle

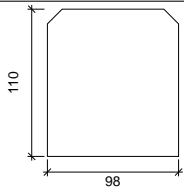
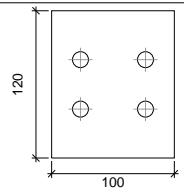
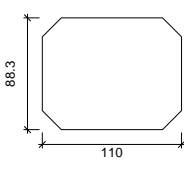
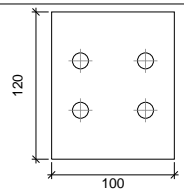




Listados

b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

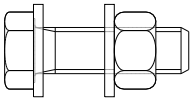
Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		98	110	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga IPE 100		100	120	8	4	13	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga IPE 100		110	88.3	5	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga IPE 100		100	120	8	4	13	S275	275.0	410.0



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x40-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	40	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	23.30	
	Cortante	kN	0.00	88.72	0.00	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	27.90	261.90	10.65	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	29.13	261.90	11.12	
Chapa frontal [Viga IPE 100]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga IPE 100]	Cortante	kN	8.59	60.48	14.20	
Ala	Desgarro	N/mm ²	7.61	261.90	2.91	
	Cortante	N/mm ²	9.61	261.90	3.67	
Viga IPE 100	Rigidizadores	Tracción	kN	2.04	43.21	4.72
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	8.06	74.50	10.82
	Chapa vertical	Tracción	kN	3.97	52.77	7.52



Listados

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	46	6.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	3	100	6.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	46	6.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	3	100	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	58	5.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	58	5.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	80	5.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	80	5.0	90.00				
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	16.1	27.9	7.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	14.0	14.0	0.0	28.1	7.27	14.0	4.28	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	16.8	29.1	7.55	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	14.9	14.9	0.0	29.7	7.71	14.9	4.53	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	5.1	8.8	2.27	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	5.1	8.8	2.27	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	17.9	31.0	8.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	4.9	8.5	2.21	0.0	0.00	410.0	0.85



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

2) Viga IPE 100

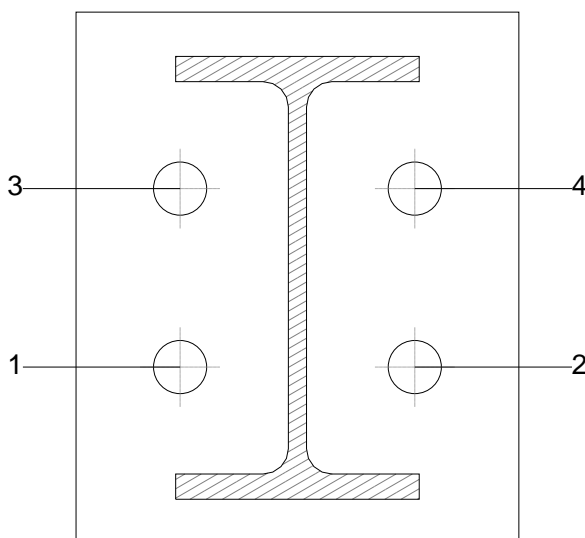
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	8.06	73.74	10.93
Ala	Compresión	kN	9.06	82.11	11.04
	Tracción	kN	2.07	41.05	5.04
Alma	Tracción	kN	3.92	43.27	9.05

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	55	5.7	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	77	4.1	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	55	5.7	90.00
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	28.9	28.9	0.0	57.7	14.96	28.9	8.80	410.0	0.85
Soldadura del alma	14.8	14.8	3.5	30.1	7.81	14.8	4.50	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	15.3	15.3	0.0	30.7	7.95	15.3	4.67	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos





Listados

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	24	--	53	40	23.5
2	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	24	--	53	40	23.5
3	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	24	--	53	40	23.5
4	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	24	--	53	40	23.5
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.443	26.976	1.64	Vástago	1.722	48.557	3.55	4.02	4.02
	Aplastamiento	0.443	61.664	0.72	Punzonamiento	1.722	94.051	1.83		
2	Sección transversal	0.443	26.976	1.64	Vástago	1.722	48.557	3.55	4.02	4.02
	Aplastamiento	0.443	61.664	0.72	Punzonamiento	1.722	94.051	1.83		
3	Sección transversal	0.443	26.976	1.64	Vástago	5.307	48.557	10.93	9.30	10.93
	Aplastamiento	0.443	78.720	0.56	Punzonamiento	5.307	94.051	5.64		
4	Sección transversal	0.443	26.976	1.64	Vástago	5.307	48.557	10.93	9.30	10.93
	Aplastamiento	0.443	78.720	0.56	Punzonamiento	5.307	94.051	5.64		



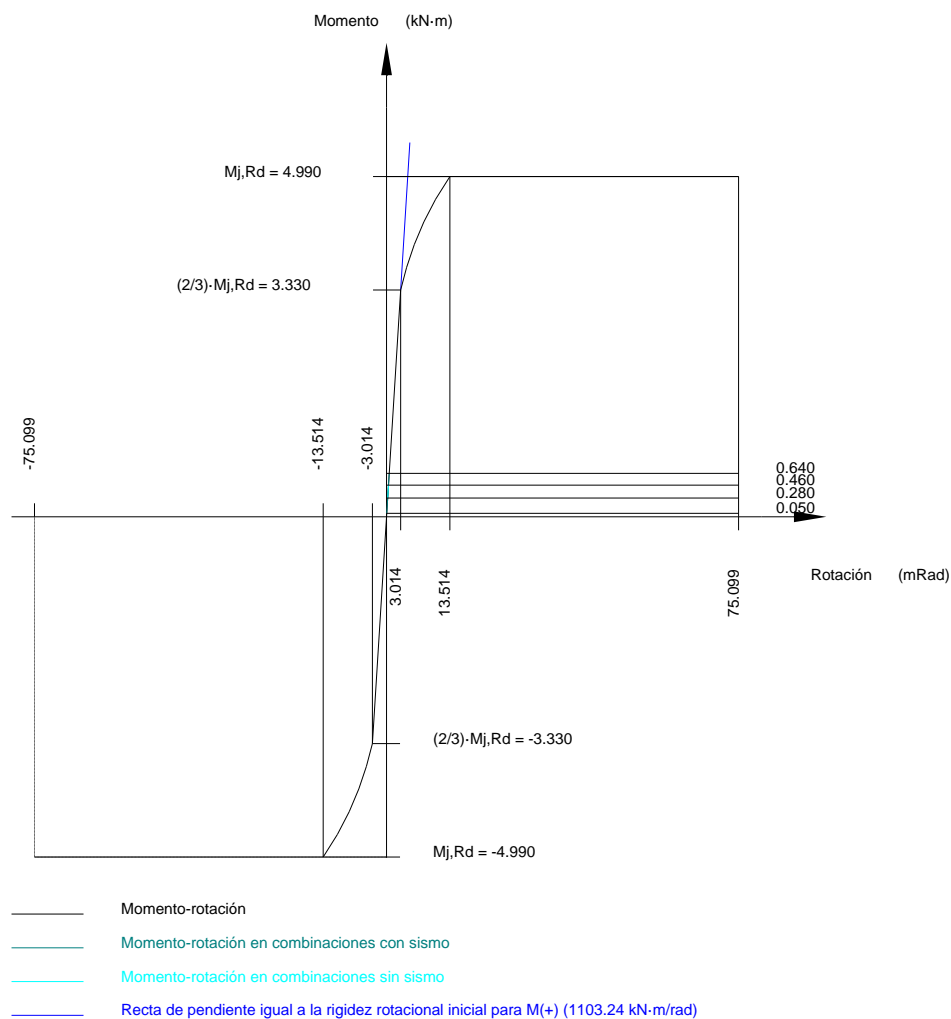
EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	398.30	1103.24
Calculada para momentos negativos	398.30	1103.24

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.01	1.80	55.97
Momento resistente	kNm	0.64	4.99	12.76
Capacidad de rotación	mm	8.00	7.37	108.57



Listados

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	1989

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	98x110x6	1.02
	Chapas	1	110x88x5	0.38
		2	100x120x8	1.51
	Total			2.90

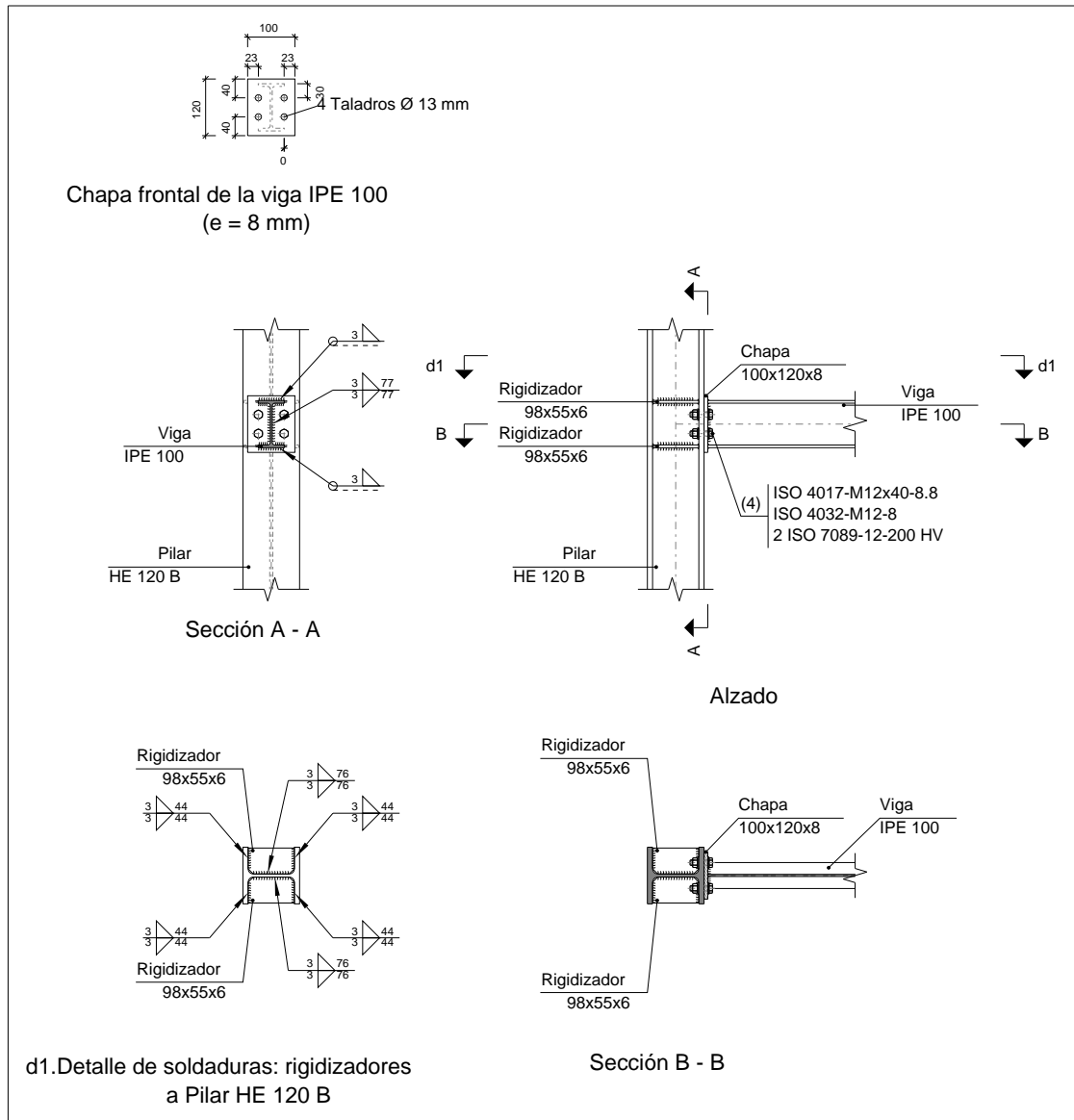
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x40
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12



Listados

2.4.5.2.- Tipo 3

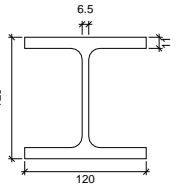
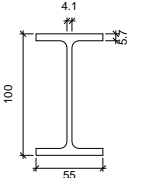
a) Detalle

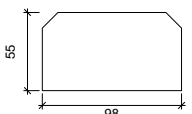
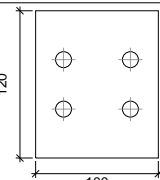


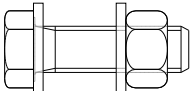


Listados

b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		98	55	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga IPE 100		100	120	8	4	13	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x40-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	40	8.8	640.0	800.0



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	23.30
	Cortante	kN	16.72	88.72	18.84
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	39.97	261.90	15.26
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	31.53	261.90	12.04
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	39.97	261.90	15.26
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	31.53	261.90	12.04
Ala	Cortante	N/mm ²	11.10	261.90	4.24
Viga IPE 100	Ala	Tracción por flexión	kN	23.77	97.11
		Tracción	kN	5.05	91.54
	Alma	Tracción	kN	13.68	68.61

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas					



Listados

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	28.3	28.3	0.0	56.5	14.65	28.3	8.62	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	12.8	22.1	5.73	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	22.3	22.3	0.0	44.6	11.56	22.3	6.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	13.4	23.2	6.01	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	28.3	28.3	0.0	56.5	14.65	28.3	8.62	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	12.8	22.1	5.73	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	22.3	22.3	0.0	44.6	11.56	22.3	6.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	13.4	23.2	6.01	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	23.78	72.56	32.77
Ala	Compresión	kN	26.58	82.11	32.37
	Tracción	kN	6.21	41.05	15.12
Alma	Tracción	kN	11.35	43.27	26.24

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	55	5.7	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	77	4.1	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	55	5.7	90.00
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	85.1	85.1	0.0	170.3	44.12	85.1	25.95	410.0	0.85
Soldadura del alma	43.6	43.6	15.8	91.3	23.66	43.6	13.28	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	44.8	44.8	0.0	89.7	23.25	44.9	13.67	410.0	0.85

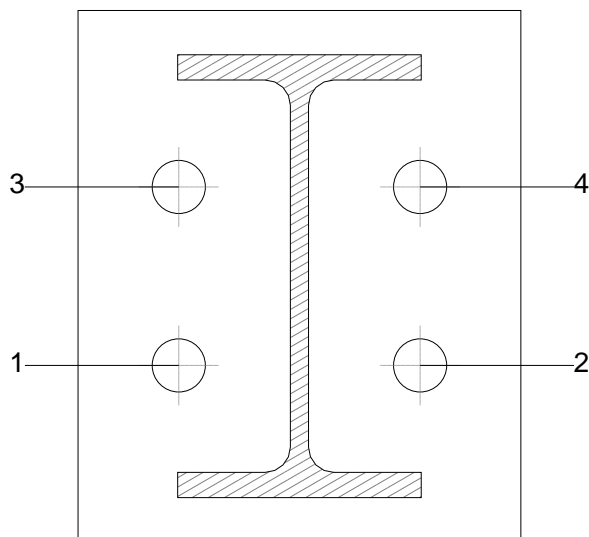


EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8
2	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8
3	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8
4	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8

--: La comprobación no procede.

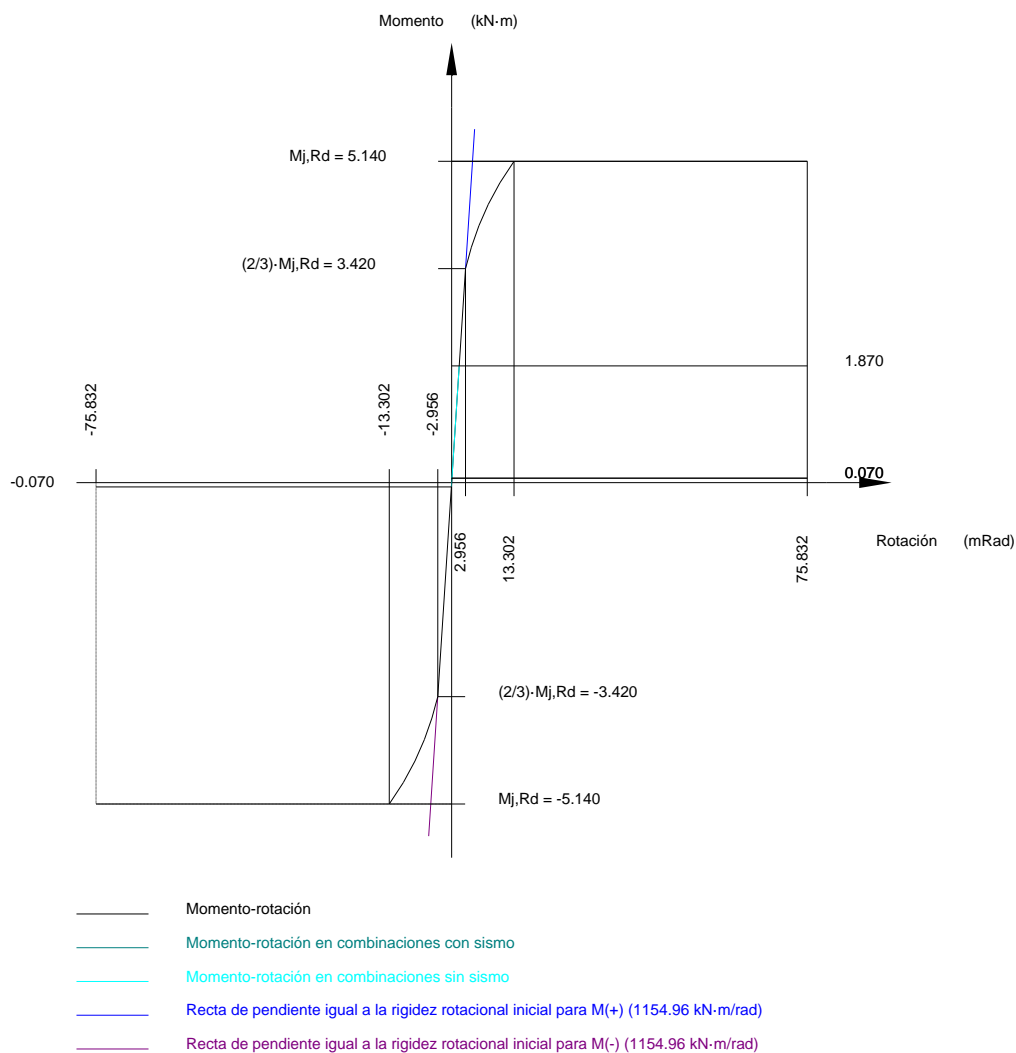
Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	1.831	26.976	6.79	Vástago	5.237	48.557	10.79	14.49	14.49
	Aplastamiento	1.831	61.664	2.97	Punzonamiento	5.237	94.051	5.57		
2	Sección transversal	1.831	26.976	6.79	Vástago	5.237	48.557	10.79	14.49	14.49
	Aplastamiento	1.831	61.664	2.97	Punzonamiento	5.237	94.051	5.57		
3	Sección transversal	1.831	26.976	6.79	Vástago	15.912	48.557	32.77	30.20	32.77
	Aplastamiento	1.831	78.720	2.33	Punzonamiento	15.912	94.051	16.92		
4	Sección transversal	1.831	26.976	6.79	Vástago	15.912	48.557	32.77	30.20	32.77
	Aplastamiento	1.831	78.720	2.33	Punzonamiento	15.912	94.051	16.92		



Listados

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	507.93	1154.96
Calculada para momentos negativos	507.93	1154.96

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.99	1.80	55.08
Momento resistente	kNm	1.87	5.14	36.33
Capacidad de rotación	mm	8.00	7.37	108.57



EstructuraORCA

Listados

Fecha: 19/12/17

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	1678

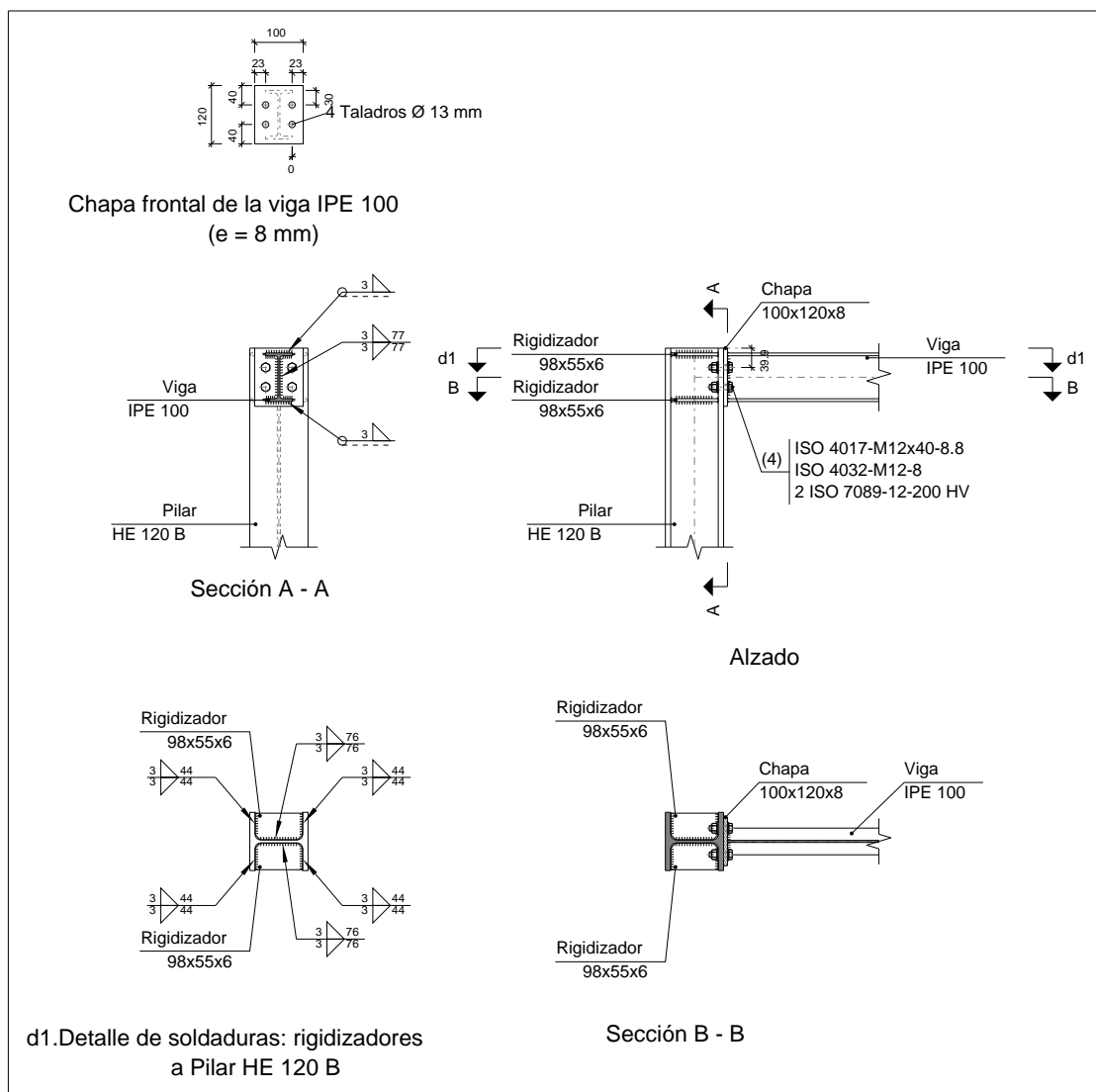
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	98x55x6	1.02
	Chapas	1	100x120x8	0.75
	Total			1.77

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x40
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12



2.4.5.3.- Tipo 4

a) Detalle



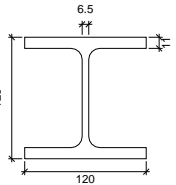
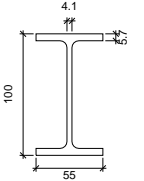


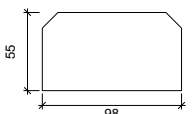
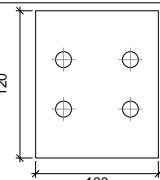
EstructuraORCA

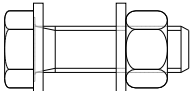
Fecha: 19/12/17

Listados

b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		98	55	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga IPE 100		100	120	8	4	13	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x40-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	40	8.8	640.0	800.0



Listados

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	23.30
	Cortante	kN	30.46	88.72	34.33
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	72.81	261.90	27.80
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	65.18	261.90	24.89
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	72.81	261.90	27.80
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	65.18	261.90	24.89
Ala	Cortante	N/mm ²	30.45	261.90	11.63
Viga IPE 100	Ala	Tracción por flexión	kN	43.48	97.11
		Tracción	kN	9.23	10.08
	Alma	Tracción	kN	25.02	68.61

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	44	6.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	76	6.0	90.00
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas					



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	51.5	51.5	0.0	103.0	26.68	51.5	15.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	23.2	40.2	10.43	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	46.1	46.1	0.0	92.2	23.89	46.1	14.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	27.7	47.9	12.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	51.5	51.5	0.0	103.0	26.68	51.5	15.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	23.2	40.2	10.43	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	46.1	46.1	0.0	92.2	23.89	46.1	14.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	27.7	47.9	12.42	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	43.48	72.56	59.92
Ala	Compresión	kN	52.21	82.11	63.58
	Tracción	kN	11.35	41.05	27.66
Alma	Tracción	kN	20.77	43.27	47.99

Cordones de soldadura

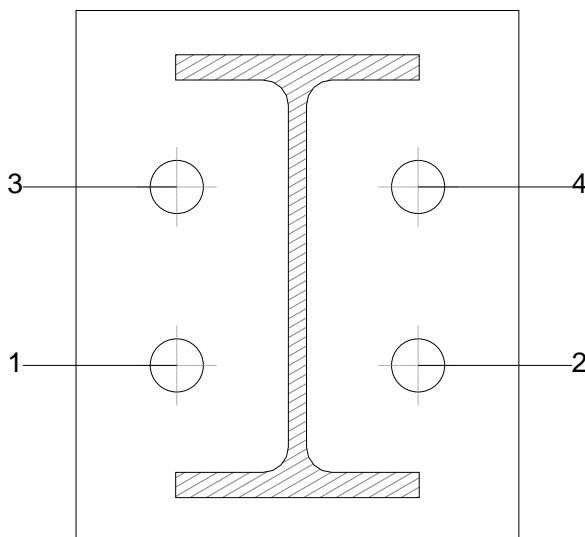
Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	55	5.7	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	77	4.1	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	55	5.7	90.00
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	155.7	155.7	0.3	311.3	80.68	155.7	47.46	410.0	0.85
Soldadura del alma	79.6	79.6	31.4	168.3	43.62	79.7	24.28	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	90.7	90.7	0.3	181.4	47.01	90.7	27.66	410.0	0.85



Listados

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8
2	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8
3	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8
4	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	23	--	55	40	22.8

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	3.639	26.976	13.49	Vástago	9.183	48.557	18.91	27.00	27.00
	Aplastamiento	3.639	61.664	5.90	Punzonamiento	9.183	94.051	9.76		
2	Sección transversal	3.639	26.976	13.49	Vástago	9.183	48.557	18.91	27.00	27.00
	Aplastamiento	3.639	61.664	5.90	Punzonamiento	9.183	94.051	9.76		
3	Sección transversal	3.639	26.976	13.49	Vástago	29.098	48.557	59.92	56.29	59.92
	Aplastamiento	3.639	78.720	4.62	Punzonamiento	29.098	94.051	30.94		
4	Sección transversal	3.639	26.976	13.49	Vástago	29.098	48.557	59.92	56.29	59.92
	Aplastamiento	3.639	78.720	4.62	Punzonamiento	29.098	94.051	30.94		



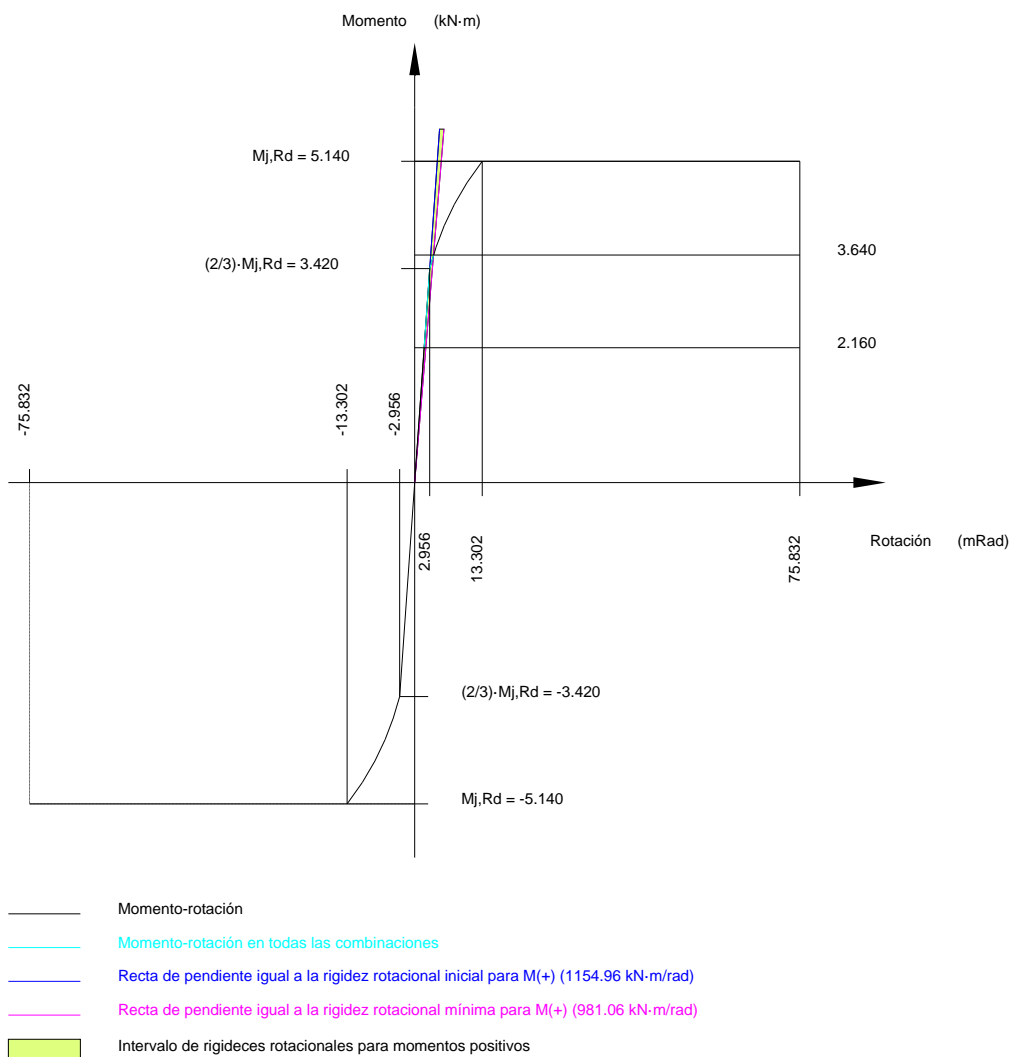
EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	507.93	1154.96
Calculada para momentos negativos	507.93	1154.96

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.99	1.80	55.08
Momento resistente	kNm	3.64	5.14	70.82
Capacidad de rotación	mm	8.00	7.37	108.57



Listados

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	1678

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	98x55x6	1.02
	Chapas	1	100x120x8	0.75
	Total			1.77

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x40
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12



EstructuraORCA

Fecha: 19/12/17

Listados

2.4.6.- Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	34809
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	1216
			6	3736

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	8	98x110x6	4.06
		64	98x55x6	16.25
	Chapas	4	110x88x5	1.52
		24	100x120x8	18.09
	Total			39.92

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	80	ISO 4017-M12x40
Tuercas	Clase 8	80	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	160	ISO 7089-12

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	32	T8
Arandelas	32	A8

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	8	200x200x8	20.10
	Total			20.10
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	32	$\varnothing 8 - L = 336$	4.24
	Total			4.24

Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR



Universidad
de Alcalá